

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Zdeněk Nedvěd

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PROSTOROVÝCH VĚD



Analýza šíření hluku výstřelu na vybraných střelnicích
Karlovarského kraje za využití geoinformačních
systémů

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Lagner, Ph.D.

Diplomant: Bc. Zdeněk Nedvěd

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zdeněk Nedvěď

Regionální environmentální správa

Název práce

Analýza šíření hluku výstřelu na vybraných střelnicích Karlovarského kraje za využití geoinformačních systémů

Název anglicky

Analysis of spreading gunshot noise at selected shooting ranges in the Karlovy Vary Region using geoinformation systems

Cíle práce

Cílem diplomové práce je ověření vhodnosti a přesnosti interpolačních metod pro zpracování a výslednou modelaci šíření hluku na venkovních střelnicích a určení nejvhodnější z nich. Dalším záměrem je prověřit případný vliv vegetace, nadmořské výšky a jiných možných aspektů na šíření hluku.

Metodika

Z dostupných podkladů a terénního šetření budou vybrány minimálně dvě venkovní střelnice v Karlovarském kraji. Na náhodně zvolených bodech v okolí střelnic bude provedeno terénní měření hladiny hluku při výstřelu z krátké střelné zbraně. Naměřené hodnoty hladiny hluku budou zpracovány v geografickém informačním systému. Prostřednictvím jednotlivých interpolačních metod budou vypočítány a zobrazeny modelace šíření hluku v bezprostřední i širším okolí sledovaného areálu. Ověření výsledků a prověření přesnosti jednotlivých interpolačních metod bude provedeno na základě kontrolních bodů.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stránek

Klíčová slova

střelnice, GIS, ArcGIS, interpolace, hluk, šíření hluku

Doporučené zdroje informací

- DUDOVÁ, Jana. Ochrana před hlukem v přírodě a udržitelnost kvality života. Acta Universitatis Carolinae. Iuridica, 2015, roč. 61, č. 2, s. 135-139. ISSN 0323-0619. Dostupné také z: <https://wayback.webarchiv.cz/wayback/http://www.prf.cuni.cz/dokumentydownload/1404053359>
- DUDOVÁ, Jana. Právní aspekty ochrany veřejného zdraví před environmentálním hlukem. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2013, 237 s. Spisy Právnické fakulty Masarykovy univerzity; č. 450 = Acta Universitatis Brunensis Iuridica; no. 450. Řada teoretická. Edice S. ISBN 978-80-210-6522-2. Dostupné také z: https://science.law.muni.cz/knihy/monografie/Pravni_aspekty_ochrany.pdf
- HELLMUTH, Tomáš, ed. ČSN EN ISO 17201-3 (011690) Akustika – Hluk střelnic -. Část 3, Směrnice pro výpočet šíření zvuku. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 55 s.
- HELLMUTH, Tomáš, ed. ČSN ISO 13474 (011643) Akustika – Způsob výpočtu rozložení hladin expozice zvuku impulzních zvukových událostí pro účely posuzování hluku v životním prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ©2010. 39 s.
- KOZÁK, Jan, ed. ČSN EN ISO 17201-1 (011690) Akustika – Hluk střelnic -. Část 1, Určení hluku výstřelu u ústí hlavně pomocí měření. Praha: Český normalizační institut, 2006. 42 s.
- KOZÁK, Jan, ed. ČSN EN ISO 17201-2 (011690) Akustika – Hluk střelnic -. Část 2, Odhad hluku u ústí a hluku projektilu výpočtem. Praha: Český normalizační institut, 2006. 35 s.
- LIBERKO, Miloš. Hluk v prostředí: problematika a řešení. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004, 27 s. ISBN 80-7212-271-1.
- PLÍHAL, Bohumil. Hluk při použití palné zbraně. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2010, 74 s. ISBN 978-80-7231-718-9. Předmět: palné zbraně * hluk* měření hluku Obsah dostupný z: <https://obalkyknih.cz/file/toc/28969/pdf>
- Střelecká revue. Praha: Magnet, 1968-. ISSN 0322-7650. Obsah dostupný z: <https://www.streleckarevue.cz/archiv-strelecka-revue/>
- Zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů. Částka 8/2021. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-13>

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Lagner, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra prostorových věd

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2023

doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Analýza šíření hluku výstřelu na vybraných střelnicích Karlovarského kraje za využití geoinformačních systémů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Ondřeji Lagnerovi, Ph.D., za jeho vstřícnost, ochotu a neocenitelné rady.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Petru Šopejstalovi a Bc. Danielu Dvořákovi, kteří mi byli v mrazivých dnech nápomocni při terénním měření na střelnicích.

Nakonec chci poděkovat své manželce Zuzance, která mi byla po celou dobu studia velikou oporou.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá modelací a vizualizací šíření hluku na dvou venkovních střelnicích Karlovarského kraje za využití interpolačních metod z prostředí GIS.

V literární rešerši jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti hluku a popsány jeho nepříznivé účinky. Návazně k výkladu pojmů z oblasti střelnic a charakteristiky vybraných střeleckých zařízení jsou dále vyličený použité interpolační metody.

V praktické části diplomové práce je popsána metodika, pomocí které byla v terénu sbírána data. Dále jsou v GIS vyobrazeny výsledky z jednotlivých měření, s nimiž je dále pracováno a dochází k modelaci a vizualizaci prostřednictvím zvolených interpolačních metod. Vizualizace jsou následně využity k popisu výsledků, jejich vzájemnému porovnání a vyhodnocení s určením nejvhodnější metody k modelaci a vizualizaci hlukového šíření. Záměrem výběru konkrétních střelnic je snaha řešit i případný vliv vegetace, nadmořské výšky a dalších možných aspektů na šíření hluku.

Cílem práce je ověřit vhodnost a přesnost interpolačních metod k modelaci a vizualizaci šíření hluku na venkovních střelnicích a určení nejvhodnější z nich a souvztažně i prověření případného vlivu vegetace, nadmořské výšky a jiných možných aspektů na šíření hluku. V závěru práce je ověření konstatování, že k modelaci hluku je nejvhodnější metoda IDW. Nejpřesnější dopočet interpolace po odebrání naměřených hodnot je u metody Spline. Vliv vegetace, nadmořské výšky a dalších možných aspektů byl prověřován, avšak věrohodně se tyto vlivy nepodařilo prověřit.

Klíčová slova: střelnice, GIS, interpolace, hluk, šíření hluku

Abstract

This thesis deals with the modelling and visualisation of noise propagation at two outdoor shooting ranges in the Karlovy Vary Region using interpolation methods from GIS environment.

The literature search explains the basic concepts of noise and describes its adverse effects. The interpolation methods used are also described in relation to the interpretation of the concepts in the field of shooting ranges and the characteristics of the selected shooting facilities.

The practical part of the thesis describes the methodology used to collect data in the field. Furthermore, the results from the individual measurements are depicted in the GIS, which are further worked with and modelled and visualised through the chosen interpolation methods. The visualizations are then used to describe the results, compare and evaluate them with each other and determine the most appropriate method to model and visualize noise propagation. The selection of specific shooting ranges is also an attempt to address the possible influence of vegetation, altitude and other possible aspects on noise propagation.

The aim of this work is to verify the suitability and accuracy of interpolation methods to model and visualize noise propagation at outdoor shooting ranges and to determine the most suitable one and, correspondingly, to examine the possible influence of vegetation, altitude and other possible aspects on noise propagation. The thesis concludes by verifying the conclusion that the IDW method is the most appropriate to model noise. The most accurate interpolation after taking measurements is with the Spline method. The influence of vegetation, altitude and other possible aspects was investigated, but these influences could not be verified reliably.

Keywords: shooting range, GIS, interpolation, noise, noise propagation

Obsah:

1 Úvod	- 11 -
2 Cíle práce	- 12 -
3 Literární rešerše	- 13 -
3.1 Základní pojmy	- 13 -
3.1.1 Zvuk	- 13 -
3.1.2 Hluk	- 13 -
3.2 Hladiny intenzity zvuku	- 13 -
3.3 Nepříznivé účinky hluku	- 15 -
3.4 Druhy střelnic	- 16 -
3.4.1 Tunelová střelnice	- 16 -
3.4.2 Venkovní střelnice	- 17 -
3.4.3 Kombinovaná střelnice	- 18 -
3.5 Základní terminologie a definice	- 19 -
3.6 Interpolační metody	- 21 -
3.6.1 IDW (INVERSE DISTANCE WEIGHTED)	- 22 -
3.6.2 Spline	- 23 -
3.6.3 Kriging	- 24 -
3.6.4 Natural neighbor	- 25 -
4 Charakteristika studijního území	- 26 -
4.1.1 Sportovně střelecký klub Jáchymov ZO AVZO ČR	- 27 -
4.1.2 Českomoravská myslivecká jednota Praha, Okresní myslivecký spolek Karlovy Vary	- 29 -
5 Metodika	- 32 -
5.1 Specifikace použité střelné zbraně	- 35 -
5.2 Použité střelivo	- 37 -
5.3 Použité měřicí přístroje	- 38 -
5.3.1 TROTEC SL300	- 39 -
5.3.2 Parkside hlukoměr PDEME 130 A1	- 40 -
6 Současný stav řešené problematiky	- 42 -
7 Výsledky	- 48 -
7.1 Výsledky měření střelnice Jáchymov	- 51 -
7.1.1 Výsledky IDW	- 52 -
7.1.2 Výsledky Spline	- 55 -
7.1.3 Výsledky Kriging	- 61 -
7.1.4 Výsledky Natural neighbor	- 64 -
7.2 Výsledky měření střelnice PČR	- 67 -
7.2.1 Výsledky IDW	- 68 -
7.2.2 Výsledky Spline	- 71 -
7.2.3 Výsledky Kriging	- 77 -
7.2.4 Výsledky Natural neighbor	- 80 -

7.3	Zhodnocení výsledků přesnosti interpolací	- 82 -
7.3.1	Střelnice Jáchymov	- 82 -
7.3.2	Střelnice PČR	- 83 -
7.4	Vyhodnocení vlivu terénu, vegetace a nadmořské výšky	- 86 -
7.5	Vliv posuzovaných střelnic na obyvatele	- 88 -
8	Diskuze	- 89 -
9	Závěr a přínos práce	- 92 -
10	Přehled literatury a použitých zdrojů	- 94 -
11	Seznam obrázků a tabulek.....	- 97 -
12	Přílohy	- 102 -

1 Úvod

Položili jste si někdy otázku, jaký hluk vzniká při výstřelu ze střelné zbraně? Je nutné při střelbě používat ochranu před hlukem? Lze snížit riziko poškození sluchového ústrojí jeho ochranou? Společným tématem takovýchto otázek je hluk. Pod tímto pojmem si lze představit zvukové chvění, s jehož vzrůstající intenzitou stoupá i nepříjemné až zdraví poškozující působení na naše smyslové sluchové orgány. Hluk nemusí být vždy důsledkem pouze přírodních jevů, stále častěji je způsobený lidskou činností. Hlukem lze označit například rockový koncert, který splňuje atribut nechtěnosti pro nezúčastněné, přesto se ho dobrovolně účastní i tisíce fanoušků, kteří se navíc nijak nechrání před dalším atributem hluku škodlivým účinkem. V kontrastu k tomu, pokud se takový rockový fanoušek bude živit prací s motorovou pilou, zcela jistě ochranu hluku využívat bude. Co mají uvedené příklady společné je to, že hluk obecně ovlivňuje, obtěžuje až poškozuje ty, kteří hluk vnímají, protože jsou v daný čas v takovém dosahu od jeho zdroje, že hlukový rozptyl má schopnost vlivu na jejich sluchové ústrojí. V podstatě se dá říci, že zvuk, který je nechtěný, obtěžuje anebo má škodlivé účinky se nazývá hlukem (Dudová, 2013). V případě střelné zbraně je hluk definován jako nežádoucí zvuk, který vyvolává nepříjemný nebo rušivý sluchový vjem. Hluk je tvořen směsicí tónů, šumů a rázů, které vznikají neharmonickým kmitáním vzduchu. Ke vzniku hluku tak dochází při každém výstřelu a užívání veškeré munice (Plíhal, 2010).

Pokud jde o hluk a životní prostředí, je zcela jasně přiznán fakt jeho negativního působení na lidský organismus a společnost přijímá normy a postupy k jeho účinnému snižování. Tyto jsou promítány do oblasti veřejného života (např. určování doby nočního klidu v obytných domech), do oblasti stavebnictví (např. stavba protihlukových stěn podél frekventovaných dopravních komunikací nebo využívání tzv. „tichého“ asfaltu, který svou vyšší porézností dokáže hluk částečně pohlcovat namísto jeho odrazu do okolí) či do formy organizačních opatření (např. omezování rychlosti provozu na pozemních komunikacích zejména v zastavěných oblastech). Je ale podobný důraz na snižování hladiny hluku kladen i u střelnic?

Téměř dvě desítky let jsem profesně činný v rámci Věžeňské služby České republiky. Jedná se o jeden z bezpečnostních sborů, který ke své činnosti

využívá i střelné zbraně. S postupem času se střelné zbraně staly mým průvodcem nejen v profesionální dráze, ale i v soukromém životě v podobě zájmové sportovní střelby, což ve spojení s navazujícím magisterským studiem v oboru Regionální správní služba na fakultě Životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, směřovalo můj výběr tématu závěrečné diplomové práce. Padlo rozhodnutí tyto dvě oblasti spojit. V rámci diplomové práce se pokusím zodpovědět otázky, které si na střelnici a při střelbě samotné často pokládám. Jak silný hluk vzniká při výstřelu? Je nutné při střelbě používat ochranu před hlukem? Snížím vůbec ochranou sluchu riziko? Jak se hluk šíří? Jak moc obtěžují výstřely i další osoby, které se nacházejí v okolí střelnice v dosahu výstřelového hluku?

V diplomové práci postupně vysvětlím, co jsou střelnice a jaká terminologie se pro jednotlivé části střelnice užívá. Popíši hluk, jeho negativa na zdraví člověka a na životní prostředí. Pomocí geografického informačního systému (dále jen „GIS“) vytvořím mapové podklady s jasnou a zřetelnou stopou, jak a jakým směrem se hluk ze střelnice šíří včetně uvedení výše hladiny zvuku. Ověřím, zda na jeho šíření má vliv vegetace a nadmořská výška. Pomocí příslušné Krajské hygienické stanice budu zjišťovat, kolik a případně jaké stížnosti na hluk byly na střelnice ze strany občanů hlášeny.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je zmapování, modelace a vizualizace šíření hluku u vybraných venkovních střelnic v Karlovarském kraji pomocí programu GIS. Snahou je ověření, zda a případně jaký vliv na šíření hluku má vegetace, nadmořská výška, vliv terénu a případně dalších prvky. Následujícím důležitým cílem práce je prověření a porovnání přesnosti výpočtů zvolených vhodných interpolačních metod a určení nejpřesnější interpolační metody k případnému dalšímu využití a tím urychlení měření v případě jiných zájmových střelnic. K cílům práce lze zařadit i ověření, zda a v jaké intenzitě zasahuje hluk z venkovních střelnic do běžného života lidí, kteří v blízkosti střelnic bydlí nebo se v jejich okolí pohybují.

3 Literární rešerše

3.1 Základní pojmy

3.1.1 Zvuk

Podle definice Ministerstva zdravotnictví náleží zvuk k běžné životní aktivitě a je přirozeným vyjádřením přírodních jevů. Patří také k neodmyslitelné součásti životního prostředí člověka, jelikož ten převážnou většinu podnětů přijímá sluchovým ústrojím. Člověk zvuk využívá ke komunikaci, zvuk jej také může varovat před možným nebezpečím. Zvuk může mít více podob, může uklidňovat, vyvolávat emoce, ale i působit nepříjemně (MZCR, 2022).

3.1.2 Hluk

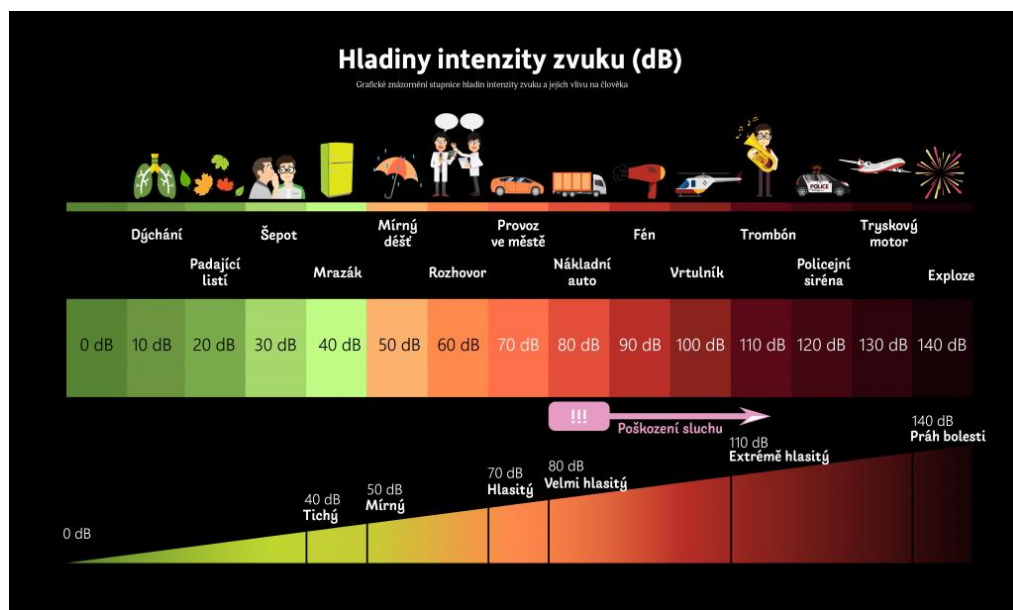
Zvuk, který je nechtěný, obtěžuje nebo se vyznačuje škodlivými účinky lze všeobecně označit jako hluk, a to bez zřetele na velikost jeho fyzikálních parametrů. Právě proto je nutné hluk brát jako bezprahově působící škodlivinu (Liberko, 2004). Hluk lze také označit jako fyzikální škodlivinu (fyzikální odpad) životního prostředí. Pokud jde o člověka, je převažujícím příznakem jeho rušivý nebo obtěžující vliv, ať již při spánku, studiu nebo poslechu hudby (Müllerová, 2014).

Každý jednotlivec má jistou míru snášenlivosti k rušivému působení hluku. Nutno je odlišovat dobu působení rušivého hluku. Tato doba může být krátkodobá, kam řadíme například výstřel na střílnici, anebo dlouhodobé působení rušivého hluku, kam lze jednoznačně zařadit například hluk z dopravy (MZČR, 2022).

3.2 Hladiny intenzity zvuku

Na obrázku číslo 1 jsou přehledně zobrazeny jednotlivé hladiny intenzity zvuku v decibelech (dB). Z obrázku je zřejmé, že od hladiny 50 dB začíná mírná intenzita zvuku, která od 70 dB přechází na hlasitou intenzitu a od 80 dB se již jedná o velmi

hlasitý zvuk. Od této hodnoty stoupá výrazně riziko poškození sluchu. Při měření na střelnicích očekávám, že hodnota naměřeného zvuku se bude pohybovat v oblasti velmi hlasitého zvuku s postupným poklesem v závislosti na rostoucí vzdálenosti od zdroje. Věřím, že extrémní hlasitosti zvuku, která je definována hodnotou vyšší než 110 dB, při měření nebude dosaženo. Zároveň predikuji a ověřím, že prahu bolesti, který nastává od hodnoty 140 dB, dosaženo nebude zcela určitě. Interval od 0 do 30 dB je označován jako úplné ticho, toto rozmezí je vhodné pro spánek, k relaxaci apod. V rozmezí 30 až 60 dB jde o mírný šum, který lze přirovnat k běžnému chodu domácnosti apod. U hodnot 60 až 90 dB se pohybujeme v oblasti značného hluku, který již není vhodný pro duševně náročnější činnosti. Při 80 až 90 dB jde o krajní hodnotu pro prostředí s manuální činností. Jako velmi hlučné prostředí je označován interval mezi 90 a 125 dB, v tomto rozmezí je dlouhodobější působení velmi nebezpečné. Hodnoty od 125 dB jsou i při krátkodobém působení spojeny s akutním ohrožením zdraví nebo života (Müllerová, 2014).



Obrázek 1: Hladiny intenzity hluku (URL 1)

3.3 Nepříznivé účinky hluku

Nevhodné účinky hluku na zdraví jsou běžně popisovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, které směřují ke zhoršení funkcí organismu, k poklesu kompenzační kapacity proti stresu nebo k navýšení citlivosti k odlišným nepříznivým vlivům prostředí. Účinky lze rozdělit na specifické a nespecifické. V případě specifických účinků (tzv. auditivních) dochází při mnohaletém vystavení hladině akustického tlaku v rozmezí nad 85 dB k poškození vnitřního ucha. U nespecifických účinků se jedná o účinek na různé funkce organismu (Liberko, 2004).

Mezi nejčastější nepříznivé účinky hluku patří:

- a) **Obtěžování** – jedná se o nejobecnější reakci člověka na hluk. Je považováno za přiměřeně prokázané pro hluk z dopravy (WHO, 2018).
- b) **Kardiovaskulární účinky** – vyšší nebezpečí rizika ischemické choroby srdeční bylo prokázáno u hluku ze silniční dopravy (EEA, 2010), (WHO, 2018). Dřívější studie, které byly realizovány před rokem 2010, popisovaly taktéž nárůst rizika hypertenze u hluku z letecké dopravy (EEA, 2010), nicméně poslední metaanalýzy pokládají hodnotu důkazů za nízkou (WHO, 2018).
- c) **Rušení spánku** – již několikrát bylo opakovaně charakterizováno jako následek nočního hluku (EEA, 2010), (WHO, 2009), a je pro hluk z dopravy považováno za přiměřeně prokázané (WHO, 2018). Současně jsou vystihovány přeměny fyziologických funkcí (krevního tlaku a tepu, výsledků EEG vyšetření) a zvětšeného užívání léků na spaní v konsekvenci s nočním hlukem (WHO, 2009).
- d) **Zhoršení poznávacích schopností, porozumění řeči a rušení činností** – poznávací (kognitivními) funkce umožňují vnímání okolního světa, jednání a odezvy na impulsy a stavy. Mezi tyto funkce řadíme paměť, koncentraci, pozornost, řečové funkce, myšlení nebo schopnost pochopit informace. Vlivem hluku může dojít k jejich poruchám, tedy například k poruše porozumění řeči. Vysoká hlučnost vede ke zvyšování hlasitosti řeči u mluvčího, následně k jeho hlasové únavě a ke ztrátě srozumitelnosti u posluchače (NZIP, 2022).
- e) **Poškození sluchového aparátu** – toto poškození bylo dokázáno u hluku v pracovním prostředí (Berglund, 1999), (WHO, 2018), (ČSN ISO, 1999),

současně je také charakterizováno u hluku z volnočasových aktivit (Scenihř, 2008), (WHO, 2018). Lze konstatovat, že toto poškození je přijatelně doloženo v případech pracovní expozice hlukem ve spojitosti s velikostí ekvivalentní hladiny akustického tlaku a s ohledem na dobu vystavení tomuto akustickému tlaku. Tím není vyloučeno riziko poškození sluchového aparátu při jiných činnostech souvisejících s vyšší hladinou hluku (Liberko, 2004).

Další z potenciálních zdravotních účinků hluku, kterými mohou být mrtvice, diabetes, obezita, vliv na těhotenství a porod a na mentální zdraví, jsou nedostatečně doložené a zpochybnitelné. Ze studií jsou prezentovány nekonzistentní výsledky, ani kvalita důkazu nemůže být ve většině případů považována za vysokou, existence vztahu není zaručena (WHO, 2018).

3.4 Druhy střelnic

Již z názvu je patrné, že střelnice je místem určeným především ke střelbě ze střelných zbraní, a to i z více druhů a ráží, dle možností konkrétní dané střelnice. ČSN 39 5401 střelnice mimo jiné dělí dle stavebního řešení na tunelové (střelnice zřízená v uzavřeném prostoru), venkovní (střelnice zřízená ve volném prostoru) a kombinované (kombinace venkovní a tunelové střelnice, kdy část střelnice je v uzavřeném prostoru a část střelnice ve volném prostoru).

3.4.1 Tunelová střelnice

Střelnice je umístěna v uzavřeném prostoru. U tohoto druhu střelnic je pomocí záchytných a ochranných zařízení zaručeno, že žádné střely, včetně odražených, nemohou opustit prostory střelnice. Na tomto druhu střelnic je možno používat krátké zbraně, které zákon číslo 119/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, tzv. zákon o zbraních, definuje jako palné zbraně, jejíž délka hlavně nepřesahuje 300 mm nebo jejíž celková délka nepřesahuje 600 mm. Zároveň je zde možno využívat i dlouhé zbraně, které jsou výše uvedeným zákonem definovány jako palné zbraně, které nespádají pod definici zbraně krátké. Vlastní střelba se provádí výhradně

na jednu určenou terčovou linii. K provozu střelnice je nutný souhlas příslušného útvaru policie. Střelnice může být přístupná veřejnosti nebo určené části veřejnosti a ve většině případů je využívána pro komerční provoz.



Obrázek 2: Tunelová střelnice (URL 2)

3.4.2 Venkovní střelnice

Střelnice je umístěna ve venkovním prostoru. Ačkoliv jsou proti tomu činěna veškerá dostupná organizační a technická opatření, nelze zcela jednoznačně zaručit, že žádná z vypálených střel, včetně těch odražených, neopustí místo střelnice. Střelbu lze realizovat na pohyblivou terčovou linii. Shodně jako u tunelové střelnice je k provozu venkovní střelnice nutný souhlas příslušného útvaru policie. Střelnice může být přístupná veřejnosti nebo určené části veřejnosti a lze ji využívat pro podnikání. Tento druh střelnice je taktéž využíván ke zkoušení a předvádění zbraní či nábojů. Rovněž je využívána pro sportovní střelbu a pro střelbu mysliveckých disciplín.



Obrázek 3: Venkovní střelnice (URL 3)

3.4.3 Kombinovaná střelnice

Jde o střelnici, která nese znaky tunelové střelnice, nicméně část výstřelného prostoru není uzavřena a může procházet volným venkovním prostorem.

Dále ČSN 39 5401 střelnice dělí dle možného úniku střel na kryté, tedy takové střelnice, kde je zaručeno, že využitím ochranných a záchytných zařízení žádná ze střel, včetně střel odražených, neopustí prostory střelnice. Další skupinou jsou polokryté střelnice, tedy takové, kde je zaručeno, že využitím ochranných a záchytných zařízení, žádná ze střel neopustí prostory střelnice, nelze však zaručit, že střelnici neopustí odražené střely. A nakonec skupina otevřených střelnic, kdy využitím ochranných a záchytných zařízení nelze zaručit, že žádná ze střel, ať vystřelených nebo odražených, neopustí prostory střelnice.

Pro účely diplomové práce budou předmětem měření podrobeny venkovní střelnice, kryté, polokryté a otevřené.

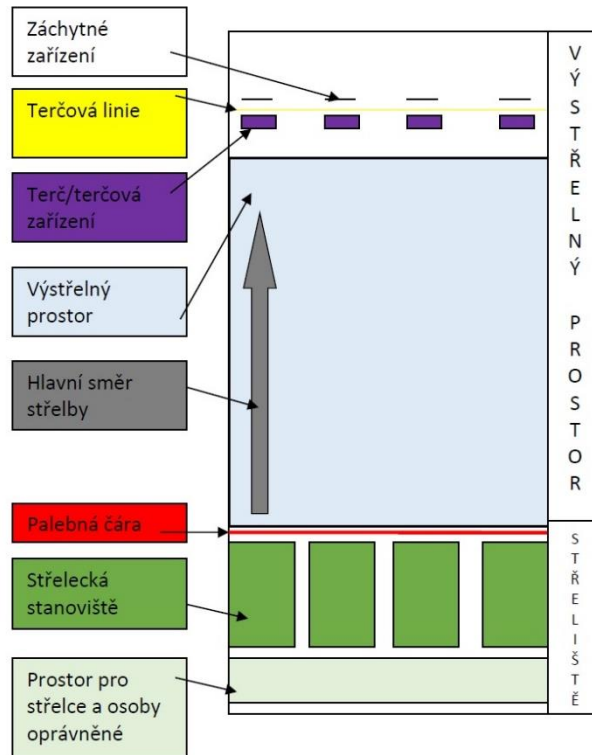
V přílohách číslo 1 a 2 převzatých z ČSN 39 5401 jsou znázorněny různé teoretické kombinace podle jednotlivých kritérií. Některé z kombinací nejsou v praxi možné ani obvyklé, tabulka slouží zejména k základní orientaci.

3.5 Základní terminologie a definice

S ohledem na využívání terminologie v následujících částech diplomové práce je nutno pojmenovat a krátce popsat jednotlivá místa a části střelnice. Aby terminologie byla jednotná, využijí ČSN 39 5401, která rozděluje součásti střelnice na následující prvky:

- a) **Prostor pro diváky** – místo výhradně určeno pro diváky a přihlížející, jedná se o bezpečný prostor.
- b) **Střeliště** – zjednodušeně řečeno jde o místo a prostor střelnice, z kterého je vlastní střelba realizována. Střeliště se skládá z prostoru pro střelce a osoby oprávněné. Do tohoto prostoru smějí vstupovat přesně stanovené osoby, tedy střelec, řídící střelby, případně rozhodčí, trenér či instruktor. Součástí střeliště je tzv. střelecké stanoviště, ze kterého střelec střílí. Další částí je střelecký stav, což je prostor od střeleckého stanoviště k dopadišti střel. A nakonec střelecký box, místo, ze kterého se střílí, ohraničené ochrannými zástěnami.
- c) **Palebná čára** – jedná se o předěl mezi střeleckým stanovištěm a výstřelným prostorem. Velikost palebné čáry je vymezena vzájemnou vzdáleností krajních střeleckých stanovišť.
- d) **Cíl** – předem stanovené místo, kam je vedena střelba. Součástí cíle může být terč (průstřelný nebo neprůstřelný) nebo terčové zařízení.
- e) **Terčové zařízení** – zařízení určené k uchycení terčů.
- f) **Terčová linie** – místo, kam se umísťují terče. Určuje se přesnou vzdáleností terčů nebo cílů od palebné čáry. Na střelnici je možno umístit více terčových linií podle konkrétního stříleného cvičení nebo střelecké disciplíny.
- g) **Záchytná zařízení** – zjednodušeně řečeno se jedná o zařízení, která bezpečně zachytávají nebo zneškodňují střely vypálené směrem k cíli. Toto zařízení střelu zachytí nebo pohltí a v podstatě tím eliminuje riziko neúmyslného zranění částí ulomené střely v bezprostředním okolí. Zařízení bývá na venkovních a kombinovaných střelnicih nejčastěji řešeno pomocí valů.
- h) **Dopadiště střel** – místo v záchytném prostoru, do které dopadají vypálené střely.

- i) **Výstřelný prostor** – prostor mezi palebnou čarou a dopadištěm střel. Součástí je cílový prostor, kde se instalují nebo umísťují terče, a záchytný prostor, kam se pak umísťují záchytná zařízení.
- j) **Hlavní směr střelby** – směr střelby ze střeliště na cíl.



Obrázek 4: Zobrazení částí střelnice (zdroj: ČSN 39 5401)

Dle ČSN 39 5401 jsou střelnice rozděleny dle třech měřítek. Prvním jsou kategorie, druhým jsou třídy a konečně třetím jsou skupiny.

- a) **Kategorie** – střelnice jsou zařazeny do třech kategorií značených velkými písmeny A, B, C, kdy písmenem A se označují střelnice venkovní, písmenem B střelnice tunelové a písmenem C střelnice kombinované.
- b) **Třídy** – pokud se jedná o rozdělení střelnic podle třídy, ty ČSN 39 5401 dělí do čtyř tříd. V případě Třídy 1 se jedná o střelnici veřejnou, nekomerční, sportovní. Do Třídy 2 řadíme střelnici veřejnou, komerční, s pevně danou délkou střelby nebo pevně danými délkami střelby, určená pro střelbu z místa ze střeleckých

stanovišť umístěných v oddělených střeleckých boxech. Třída 3 je definována jako střelnice veřejná, komerční, s proměnlivou délkou střelby, určená pro střelbu ze střeleckých stanovišť umístěných v libovolném místě výstřelného prostoru. Poslední Třída 4 je střelnice neveřejná.

- c) **Skupiny** – ČSN 39 5401 uvádí dvě skupiny střelnic, přičemž označení první je písmenem K a druhé pak písmem H. Skupinu K ČSN 39 5401 označuje jako střelnice pro kulové zbraně (střelnice pro krátké a dlouhé palné zbraně, střelnice pro malorážky, střelnice pro plynové zbraně) a skupinu H pak jako střelnice pro brokovnice (střelnice pro střelbu na asfaltové a polyblivé terče).

3.6 Interpolační metody

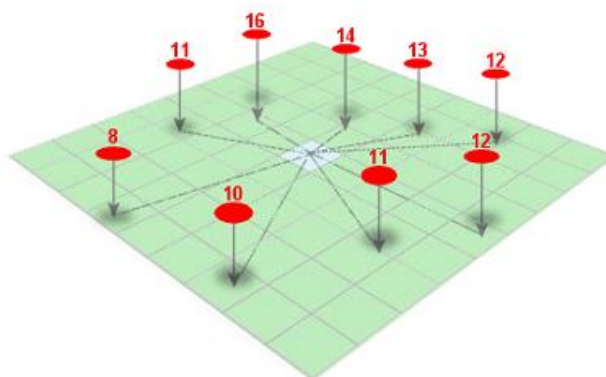
Interpolace jsou jedním z nástrojů programu GIS. Interpolace je postup, v rámci kterého je odvozována (odhadována) neznámá hodnota konkrétního jevu, (v našem případě hluku), ale lze takto odvozovat i jiné hodnoty (např. úroveň smogu), které se nalézají mezi hodnotami známými. Neznámá hodnota buňky je založena na hodnotách bodů vzorku a relativní vzdálenosti buňky od těchto bodů (Albrecht 2012).

Interpolace je používána v případech, kdy jsou k dispozici liniové či bodové hodnoty a tyto je nutno ztvárnit plošně. V podstatě jde o speciální statistickou metodu, která ze zadaných hodnot výpočtovým algoritmem dopočte chybějící hodnoty (Novotná, 2012).

Program ArcGIS v ArcToolboxu nabízí více interpolačních metod, každá z nich provádí propočet neznámých hodnot specifickým způsobem. Každá z metod má tedy své klady, ale i zápory, na které je nutno při použití dané interpolace brát zřetel. Pro účely diplomové práce bylo využito nejběžněji využívaných interpolačních metod, konkrétně to je metoda inverzivních vzdáleností (též označována jako IDW), metoda minimální křivosti (též označována jako Spline), metoda přirozených sousedů (označována jako Natural neighbor) a nakonec metoda krigování nebo-li Kriging. Nejedná se však o všechny interpolační metody, které program GIS nabízí,

dále jsou k dispozici interpolační metody pod názvy Trend, Spline with Barriers, Topo to Raster a Topo to Raster by file. Tyto metody však pro vlastní měření a interpolaci hluku nejsou vhodné a nebude s nimi tedy dále pracováno.

Je evidentní, že pro zvolení vhodné metody pro interpolaci není žádný univerzální klíč. Faktorů pro výběr vhodné interpolace je několik a je vhodné interpolačních metod použít a otestovat více, porovnat jednotlivé výsledky a z těchto vycházet pro zvolení vhodné metody pro konkrétní měření. Pro výběr konkrétní metody bude mít jistě vliv zkušenost se zkoumaným územím, hustota vstupních bodů nebo rozsahy hodnot u bodů, které jsou si blízké (Albrecht 2012).

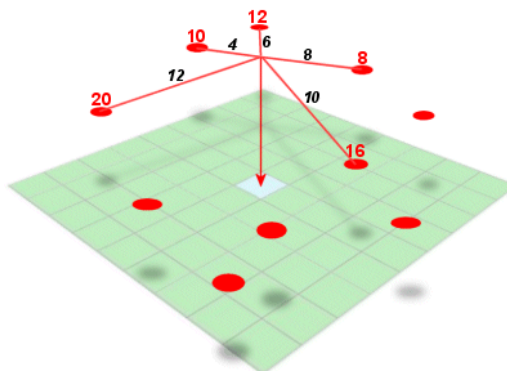


Obrázek 5: Ukázka odvozování hodnot při interpolaci (URL 7)

3.6.1 IDW (INVERSE DISTANCE WEIGHTED)

Tato interpolační metoda pro výpočet vychází z faktu, že na odhadovanou hodnotu na neznámém místě mají větší vliv bližší známé body než body vzdálenější. Nejlepších výsledků dosahuje metoda v případě hustých nebo rovnoměrně distribuovaných bodových datasetů.

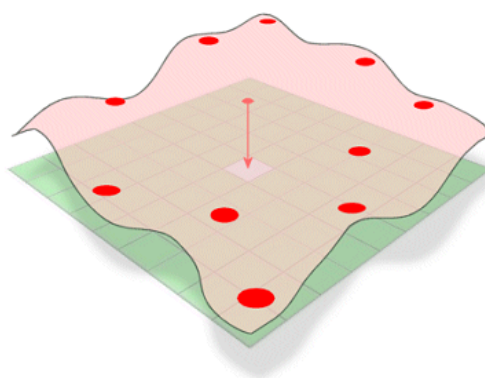
Nevýhodou této metody je tvorba koncentrických izolinií „bull eyes“ v blízkosti zadaných hodnot. Výhodou metody je velmi velká rychlost výpočtu. Nejčastěji se využívá k interpolaci srážek nebo teplot (Burian 2008).



Obrázek 6: Interpolační metoda IDW (URL 8)

3.6.2 Spline

Na rozdíl od průměrování hodnot, které využívá předchozí metoda IDW, adaptuje metoda Spline pružný povrch. V podstatě si to lze představit tak, jako by se přes všechny známé hodnoty bodů rozprostřela plastová fólie. Metoda tedy v jádru odhaduje neznámé hodnoty ohýbáním plochy přes známé hodnoty (Albrecht 2012).



Obrázek 7: Interpolační metoda Spline (URL 9)

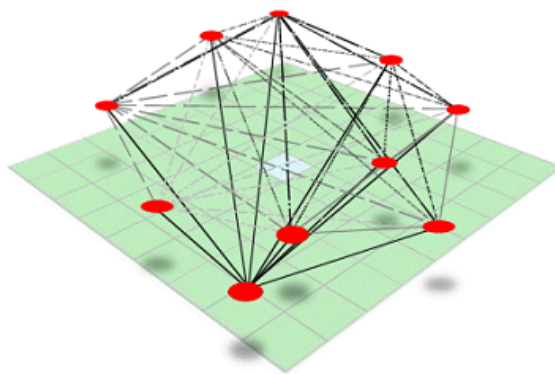
Výsledkem této metody je hladce vypadající povrch s minimální křivostí, avšak za současného přimknutí ke vstupním bodům. Metoda je vhodná pro interpolace

vrcholu hor. Naopak není vhodná pro interpolace, kdy jsou vstupní hodnoty blízko u sebe a mají velké rozdíly v hodnotách. Nejčastěji je metoda využívána například pro interpolace nadmořských výšek v málo členitých územích (Burian 2008).

3.6.3 Kriging

Obdobně jako metoda IDW využívá Kriging k propočtu technik váženého průměru, rozdíl je však v tom, že Kriging k tomu používá mnohem sofistikovanější výpočtová schémata. Kriging přeměřuje vzdálenosti mezi všemi možnými dvojicemi výběrových bodů a s těmito daty dále pracuje při modelování prostorové autokorelace pro konkrétní plochu, která je interpolována. Jinak řečeno, Kriging adaptuje své výpočty zadaným datům, a to tak, že vyhodnotí všechny datové body pro zjištění, jak velkou autokorelaci vykazují, a následně tuto informaci započítá do odhadu váženého průměru (Albrecht 2012).

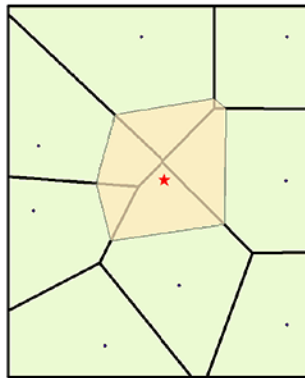
Metoda je vhodná pro prozkoumání ložisek nerostných surovin, využívána je také pro interpolaci výšek nebo meteorologických dat. Využívaným výpočtem se řadí k nejsložitějším interpolačním metodám (Burian 2008).



Obrázek 8: Interpolační metoda Kriging (URL 10)

3.6.4 Natural neighbor

Těž zvaná metoda přirozených sousedů, je metodou založenou na principu Thiessenových polygonů. Polygony jsou z bodových vrstev vytvořeny tak, aby do každého z vytvořených polygonů zapadl jeden z bodů a jakákoli místa polygonu byla blíže bodu, který se nachází uvnitř něho než bodu jinému. Metoda je velice účinná za předpokladu, že jsou naměřené hodnoty rozloženy pravidelně. Podstata metody spočívá v predikci nepoznaných hodnot z několika nejbližších hodnot. Metoda není vhodná pro spojitě se měnící jevy (srážky nebo teplota), efektivnější využití nalézá například při plošných odhadech srážek (Burian 2008).



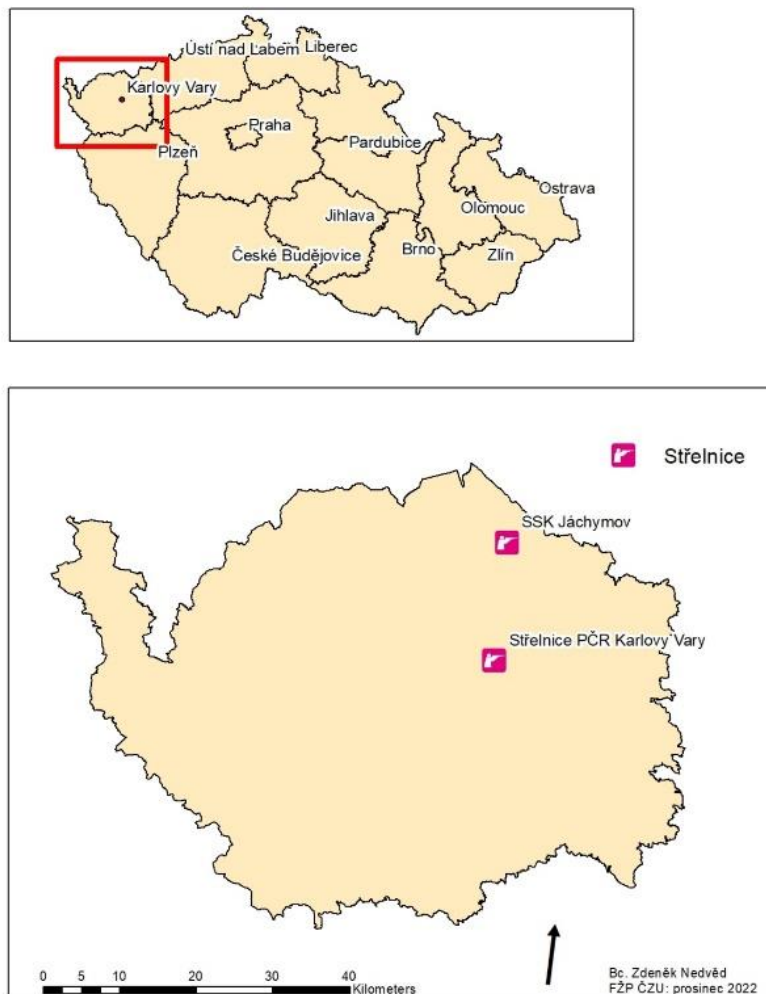
Obrázek 9: Interpolační metoda Natural neighbor (URL 11)

4 Charakteristika studijního území

S ohledem na skutečnost, že dle ustanovení § 52 odst. 2, zákona číslo 119/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, vydává na základě žádosti příslušný útvar policie povolení k provozování střelnice, disponuje tedy Policie České republiky informacemi o jednotlivých střelnicích. Na základě tohoto jsem v souladu se zákonem číslo 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, ve znění pozdějších předpisů, požádal Policii České republiky o seznam střelnic zřízených v Karlovarském kraji. Kompletní zasláný seznam je uveden v příloze číslo 3. Z uvedené přílohy je zřejmé, že v Karlovarském kraji je zřízeno celkem 23 střelnic.

Pro zkoumání byly vybrány dvě střelnice v okrese Karlovy Vary, jejichž lokalizaci jsem zpracoval v ArcMap, viz obrázek číslo 5. K výběru střelnic vedla jejich diverzita i dostupnost a v neposlední řadě i možnost součinnosti s jejich provozovateli, neboť pro vlastní provedení měření byla nutná vzájemná spolupráce nejen s nimi, ale i se správci střelnic, kteří musejí, v souladu s ustanovením § 54 odst. 2, písm. a), zákona číslo 119/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, být každé střelbě v provozované střelnici přítomni.

PŘEHLED STUDOVÁNÉ OBLASTI



Obrázek 10: Lokalizace zájmových střelnic (zdroj: autor)

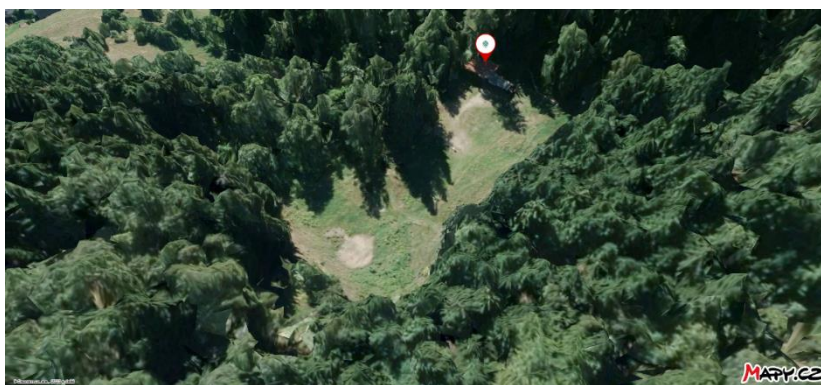
4.1.1 Sportovně střelecký klub Jáchymov ZO AVZO ČR

Střelnice se nachází v okrese Karlovy Vary. Je zasazena do zalesněné oblasti nad hornickým městem Jáchymov v nadmořské výšce 820 m. n. m. Jedná se o venkovní, stálou, veřejnou, nekomerční střelnici užívanou jako zkušební a sportovní. Podle rizika možného úniku střel je řazena jako polokrytá. Na střelnici lze využívat krátké palné zbraně, dlouhé palné zbraně a malorážky se střelbou na vzdálenost do 50 metrů. Způsob změny délky střelby je na střelnici evidován s pohyblivou terčovou linií.

K ujednocení a usnadnění bude nadále v diplomové práci tato střelnice označována jako „střelnice Jáchymov“.

Předsedou sportovně střeleckého klubu je Mgr. Stanislav Novotný. Díky jím poskytnutých evidenčních údajů návštěv střelnice ve statisticky zkoumaném období od 1. dubna 2022 do 30. září 2022 bylo zjištěno, že střelnice je nejvíce využívána ve dnech pracovního klidu, a to výhradně o sobotách v časech od 10.00 do 14.00 hodin. Ve shodných dnech i časech se na střelnici pořádají také závody v mířené či obranné střelbě. V pracovních dnech je využití střelnice minimální, ve výše uvedeném statisticky zkoumaném období v tyto dny střelnici navštíví průměrně jeden člověk v délce dvou hodin.

Důvodem výběru této střelnice bylo její zasazení v hornatém a lesnatém prostředí Krušných hor. Vzhledem k obklopení lesní vegetací a velkým převýšením mezi jednotlivými měřicími body tak lze předpokládat, že výsledky měření a výsledná modelace hluku bude tyto aspekty zohledňovat. Pro představu a zobrazení vegetace jsou přiloženy 3D pohledy z mapového serveru Mapy.cz. Podrobnější zobrazení je zobrazeno v příloze číslo 4.



Obrázek 11: Střelnice Jáchymov – 3D pohled (URL 4)



Obrázek 12: Střelnice Jáchymov – 3D pohled (URL 4)



Obrázek 13: Střelnice Jáchymov (zdroj: autor)



Obrázek 14: Terčová linie (zdroj: autor)

4.1.2 Českomoravská myslivecká jednota Praha, Okresní myslivecký spolek Karlovy Vary

Střelnice se nachází v okrese Karlovy Vary, na okraji městské části Drahovice. Leží na samé hranici CHKO Slavkovský les v nadmořské výšce 425 m. n. m. Jedná se o venkovní, stálou, veřejnou, nekomerční střelnici užívanou jako zkušební, sportovní a mysliveckou, částečně i pro výcvik příslušníků Policie České republiky. Podle možného rizika úniku střel je řazena jako polokrytá a otevřená. Na střelnici lze využívat krátké palné zbraně, dlouhé palné zbraně, malorážky a brokovnice

se střelbou na vzdálenost do 100 metrů. Způsob změny délky střelby je na střelnici evidován s pohyblivou palebnou čarou i terčovou linií.

K ujednocení a usnadnění bude nadále v diplomové práci tato střelnice označována jako „střelnice PČR“.

Prověřením údajů z evidenční dokumentace využívání střelnice bylo ve statisticky zkoumaném období od 1. dubna 2022 do 30. září 2022 zjištěno, že její využívání je prakticky inverzní oproti střelnici Jáchymov. Střelnice PČR je statisticky plně využívána v pracovních dnech v časech od 08.00 do 15.00 hodin, kdy dopolední část slouží k výcviku střeleckých dovedností příslušníků Policie České republiky a okrajově i příslušníků Vězeňské služby České republiky. Odpolední část je využívána civilními střeleckými uživateli. Ve dnech pracovního klidu je ve výše uvedeném statisticky zkoumaném období využití střelnice významně nižší.

Volba této střelnice k provedení měření byla učiněna pro její zasazení v nižší nadmořské výšce a pro minimální lesnatost v jejím bezprostředním okolí, kdy vlastní body měření byly situovány do míst, kde nebyla vegetace. Na rozdíl od střelnice Jáchymov tak lze předpokládat, že výsledky ze střelnice PČR a konečná modelace hluku tyto aspekty zohlední. Shodně jako u střelnice Jáchymov jsou přiloženy 3D pohledy z mapového serveru Mapy.cz. Podrobnější zobrazení je zobrazeno v příloze číslo 5.



Obrázek 15: Střelnice PČR – 3D pohled (URL 4)



Obrázek 16: Střelnice PČR – 3D pohled (URL 4)



Obrázek 17: Střelnice PČR (zdroj: autor)



Obrázek 18: Výstřelný prostor (zdroj: autor)

5 Metodika

Pro měření hluku je využíváno mnoho metod. S ohledem na výběr nejhodnější varianty jsem se prediktivně dotazoval na Zdravotním ústavu se sídlem v Ústí nad Labem, kde jsem se odborníků na měření hluku na střelnicích ptal na jejich zkušenosti s používáním jednotlivých metod měření. Obdržené informace potvrzují předpoklad, že na šíření hluku se bude zásadně promítat vliv nadmořské výšky, počasí, členitosti a druhu terénu a vegetace. Velký vliv bude mít i vzdálenost od zdroje hluku, ve kterém bude realizované měření, a jak bude měření koncipované jako takové.

S poznatky a informacemi ze Zdravotního ústavu jsem stál před otázkou, jak vlastní měření koncipovat a realizovat. Po důkladném vyhodnocení veškerých informací ze Zdravotního ústavu a po zvážení cíle práce jsem se rozhodl, že měření bude probíhat na náhodně vybraných místech v zájmové oblasti do vzdálenosti 300 metrů od zdroje hluku. S ohledem k bezpečnosti při prováděných měřeních za použití střelné zbraně jsem místa měření volil spíše za zdrojem hluku a po jeho stranách. Před zdrojem hluku jsem měření prováděl pouze v případě 100 % zajištění bezpečnosti.

Metodika měření byla shodná pro obě střelnice. K realizaci měření byla nutnost přítomnosti další osoby. V případě střelnice Jáchymov jsem měření prováděl za pomoci správce střelnice Mgr. Petra Šopejstala a v případě střelnice PČR to bylo za přítomnosti správce střelnice Bc. Daniela Dvořáka. Měření proběhlo v listopadu roku 2022, za shodného počasí, bezvětrí a při srovnatelné teplotě cca -6 °C.

Pro zaznamenání výstupních dat jsem si v tabulkovém procesoru od společnosti Microsoft Excel vytvořil tabulku, do které jsem zaznamenával rozhodné údaje. Těmi byly:

- název střelnice,
- pořadové číslo měření,
- GPS souřadnice,
- datum měření,

- čas měření,
- teplota,
- naměřená hodnota z měřícího zařízení TROTEC,
- naměřená hodnota z měřícího zařízení PARKSIDE PDEME 130 A1,
- poznámky.

Měřicí body byly vybrány náhodným výběrem, ke zvolení nebyl použit žádný klíč. Společné bylo pro obě střelnice první měření, které probíhalo bezprostředně v blízkosti zdroje hluku cca 20 cm od výstřelu ze střelné zbraně, aby byla určena výchozí hluková hladina. Od tohoto počátečního bodu jsem se pohyboval po stranách střeliště a za střelištěm, abych získal data z osmi až deseti měřících bodů. Vlastní měření a záznam dat probíhaly tak, že po zaujetí mé pozice na měřícím bodu jsem dal signál střelci, který ze střeliště postupně, v intervalu cca 30 vteřin, vypálil dva výstřely. Toto opatření dvou výstřelů bylo zvoleno s ohledem na vyloučení zkreslení měřených hodnot, které by mohly být ovlivněny hlukem nesouvisejícím s výstřelem. Mikrofony hlukoměru s nastavenou funkcí na zaznamenání nejvyšší naměřené hodnoty jsem při výstřelech držel ve výšce uší, tj. cca 170 cm od země. Po prvním výstřelu byla naměřená hodnota z hlukoměru zaevidována do příslušných kolonek ve vytvořené tabulce. Hlukoměry se vyresetovaly a byly zaznamenány hodnoty hluku z druhého výstřelu. Z obou naměřených hodnot jsem vždy vybral tu nejvyšší, se kterou bylo dále pracováno v GIS. Po naměření a zapsání hodnot z náhodně vybraného místa jsem pomocí určení polohy v aplikaci Mapy.cz do záznamového listu zapsal GPS souřadnice z mobilního telefonu a pokračoval na další náhodně zvolené místo, kde jsem výše uvedený postup opakoval.

Vlastní využití interpolačních metod a dalších činností spojených s exportem a úpravou dat bude provedeno a prezentováno v programu GIS (verze 10.8.1), nástavba ArcMap od společnosti ESRI.

Pro výpočet jednotlivých interpolačních metod byly k výsledné modelaci v první řadě použity všechny naměřené hodnoty z terénu. Výsledná modelace šíření hluku jednotlivou interpolační metodou byla zpracována a zobrazena dvojím způsobem. V prvním případě se jednalo o ilustraci s devíti intervaly v zobrazení výsledné modelace šíření hluku a ve druhém případě v zobrazení s intervaly pěti. K tomuto mě vedlo vyloučení možných nepřehledností, které vlivem více použitých interpolačních metod mohou vzniknout při konečném zobrazení.

U interpolační metody IDW bylo v případě obou střelnic použito klasické nastavení. V nabídce při zadávání hodnot do interpolační metody byla ponechána hodnota v řádku Power (optional) na hodnotě 2. Při využití interpolační metody Spline byly použity dvě hodnoty, které v nastavení u Spline type (optional) program ArcMap nabízí, přičemž první je REGULARIZED, který vytváří hladký povrch a hladké první deriváty a druhý je TENSION, který hladí tuhost interpolantu podle charakteru modelovaného jevu. V případě metod Kriging a Natural neighbor nebylo s nastavením experimentováno, využil jsem defaultního nastavení, které lze pro potřeby interpolace šíření hluku považovat za dostačující.

Ověření přesnosti jednotlivých interpolací je provedeno odebráním několika bodů z naměřených hodnot z terénu, které následně poslouží jako body kontrolní. V případě střelnice Jáchymov jsem odebral pět bodů a v případě střelnice PČR body tři. V programu ArcMap jsem pomocí funkce Extract Values to Points odebrané hodnoty naměřeného hluku přiřadil k hodnotám interpolovaným. Výpočtem střední kvadratické chyby (root mean square error – RMSE) byly porovnány hodnoty hluku naměřeného v terénu s hodnotami vypočtenými jednotlivou interpolační metodou.

Střední kvadratická chyba je vypočtena pomocí vzorce $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta h_i)^2}$ kde:

Δh_i = rozdíl naměřených hodnot z terénu a hodnot vypočtených interpolací na stejném místě,

N = množství kontrolních bodů.

Vliv vegetace, nadmořské výšky a terénu na šíření hluku prověřím porovnáním velikostmi naměřeného hluku od jeho zdroje ve vzdálenostech do 30, do 100, do 150 a nad 150 metrů. Výsledky přepočtu na procentuální podíl a zobrazím v přehledné tabulce.

V rámci zjištění, jak obě řešené střelnice zasahují do běžného života obyvatel a osob, které v jejich blízkosti žijí nebo se jen pohybují, jsem využil místní znalosti obyvatel a na toto téma s nimi pohovořil. Dotazoval jsem se, zda je jim známo, kde se v daném místě nachází střelnice. Jestlipak je někdy obtěžoval nebo obtěžuje hluk ze střelnice. Jaký mají pohled na venkovní střelnice. Zda nemají obavy pohybovat se v její blízkosti (vyjma vytýčených zakázaných prostor). Poslední otázkou bylo, zda vnímají a nějakým způsobem se zajímají o ochranu před škodlivými účinky hluku.

5.1 Specifikace použité střelné zbraně

K vlastní střelbě na vybraných střelnicích jsem použil krátkou střelnou zbraň, pistoli Heckler & Koch SFP9L. Pistole vychází z řady SFP (Striker Fired Perfection), která je převážně určena pro ozbrojené složky. Pro svou vysokou spolehlivost, nadstandardní kvalitu zpracování a ve spojitosti s příjemným úchopem (lze jej individuálně přizpůsobit pomocí několika lehce vyměnitelných střenek) ať už v rukavicích či bez nich, je tato pistole oblíbená jako zbraň na sportovní střelbu nebo pro osobní ochranu. Jako materiál pro tělo zbraně byl zvolen polymer vyztužený kevlar. Obě strany těla zbraně obsahují záchyty závěru, což ulehčuje manipulaci se zbraní zejména levákům. V přední části těla zbraně je lišta (RIS II) umožňující instalaci laserových zaměřovačů nebo svítilen. Řada SFP9L je sportovní, prodloužená verze klasické pistole Heckler & Koch SFP9, která se odlišuje výlučně v místě závěru a hlavně. Oproti klasické SFP9 nepatrně narůstá hmotnost cca o 60 gramů na celkových 770 gramů (Armed, 2022).

Hlaveň pistole je zhotovena z nerezové oceli číslo 4140, vnitřek hlavně je opatřen pravotočivým nitridovaným vývrtem, který byl zhotoven za využití technologie button rifling, polygonální vývrt má stoupání 1:10. Nitridované vývrty jsou specifické svou velkou mechanickou odolností, charakterizují se velmi vysokou

tvrdostí a nádherným zrcadlovým leskem. Uložení hlavně je společně s vratnou pružinou v černěném závěru z nerezové oceli. Závěr zbraně je opatřen jedním zdrsněním v přední části a jedním zdrsněním v zadní části zbraně (Armed, 2022).

Mířidla zbraně jsou upravená. Sériově vyráběná mířidla byla nahrazena světlovodnými, výškově a stranově stavitelnými mířidly z oceli.

SPECIFIKACE SFP9L (Armed, 2022):

- samonabíjecí pistole,
- princip funkce,
 - zpětný ráz, modifikovaný browningův zamykací mechanismus
- spoušťový mechanismus SA,
 - reset spouště: 3 mm
 - délka chodu spouště: 9 mm
 - odpor spouště: 20–25 N
- přímoběžný úderník,
- pádová pojistka,
- polymerové tělo,
- výškově i stranově stavitelná světlovodná mířidla,
- křídélka pro natahování závěru,
- identické / záměnné zásobníky s modelem HK P30,
 - kapacita: 20 nábojů.



Obrázek 19: Heckler & Koch SFP9L (zdroj: autor)

5.2 Použité střelivo

Pro praktické měření na vybraných střelnicích byla jako střelivo zvolena běžně používaná poloplášťová střela ráže 9x19 mm Luger od společnosti Sellier & Bellot. Váha střely je 7,5 gramů, úst'ová rychlost 377 m/s a energie 533 J. Střela se vyznačuje ovládanou deformací v souvislosti na dopadové energii a odporu cíle. Jedno balení obsahuje 50 ks nábojů (Sellier-Bellot, 2022).



Obrázek 20: Střelivo Sellier & Bellot 9 x 19 mm (zdroj: autor)

5.3 Použité měřicí přístroje

Dnešní trh nabízí velké množství hlukoměrů, a to od běžných, řekl bych pro měření v domácích podmínkách, u kterých se cena pohybuje v řádech několika málo stovek korun, až po profesionální, kde se pořizovací cena pohybuje v řádech desítek tisíc korun. S ohledem na to, že cílem práce není a nebylo zjistit absolutní přesnost samotné naměřené hodnoty, ale především v GIS ověřit objektivitu a relevantnost naměřených hodnot v terénu, jejich vyhodnocení a porovnání s výstupem v GIS, byly k vlastnímu měření použity dva digitální hlukoměry. Jeden byl pořízen za několik málo stokorun a řadím ho mezi tzv. hobby hlukoměry. Druhý byl za cenu několika málo tisíc korun a ten řadím k profesionálním hlukoměrům. Důvodem, proč jsem k měření zvolil dva hlukoměry, byla snaha o komparaci, zda rozdíl v naměřených hodnotách bude tak výrazný jako rozdíl v cenách obou digitálních hlukoměrů. Při porovnání technických údajů obou použitých hlukoměrů je zřejmé, že hodnoty jsou na shodné nebo velmi podobné úrovni.

5.3.1 TROTEC SL300

Tento digitální hlukoměr byl zakoupený v obchodě specializujícím se na měřicí techniku. Cena do 2000 Kč. Dle informací prodejce hlukoměr SL300 měří hladinu zvuku s třídou přesnosti 2 podle DIN EN 61.672 a je tedy vhodný pro měření například strojů nebo v prostředí pracoviště, kde hrozí ohrožení hlukem (Trotec, 2022).

Přístroj má k dispozici pestré možnosti měření (Trotec, 2022):

- měření ohrožení hlukem pro bezpečnost práce,
- použití pro stanovení okolního hluku při ochraně životního prostředí,
- determinace hlučných zón pro programy snižování hlučnosti v podnicích,
- kontrola a výběr prostředků na ochranu sluchu,
- kontrola dodržování ustanovení o ochraně před hlukem,
- kontrolní měření v klimatizační a topné technice.

Technické údaje (Trotec, 2022):

- Hluk min.: 30 [dB(A)].
- Hluk max.: 130 [dB(A)].
- Přesnost: Třída 2 podle DIN EN 61.672.
- Rozlišení: 0,1 dB.
- Frekvenční rozsah: 31,5 Hz – 8 kHz.
- Dynamický rozsah: 50 dB.
- Rozsah měření hladiny akustického tlaku: 30–130 dBA.
- Dílčí měřicí rozsahy: 30...80 dB, 50...100 dB, 80...130 dB, 30...130 dB (auto).
- Doba odezvy: 500 ms.

Uspořádání paměti (Trotec, 2022):

- Interní paměť Flash: pro 50 měřených hodnot.

Displej (Trotec, 2022):

- LCD, monochromatický.

Provedení pláště:

- Plast.

Napájení energií (Trotec, 2022):

- interní (baterie): Blokovaná baterie 1 x 9 V.

Okolní podmínky (Trotec, 2022):

- Provoz - min. teplota [°C]: 0.
- Provoz - max. teplota [°C]: 40.
- Provoz - min. rel. vlhkost vzduchu [% r.F.]: 10.
- Provoz - max. rel. vlhkost vzduchu (bez kondenzace) [%]: 90.

Rozměry (Trotec, 2022):

- cca 210 x 55 x 32 mm.

Hmotnost (Trotec, 2022):

- cca 0,23 kg.



Obrázek 21: TROTEC SL300 (zdroj: autor)

5.3.2 Parkside hlukoměr PDEME 130 A1

Jedná se o digitální hlukoměr zakoupený v běžném obchodním řetězci. Cena do 500 Kč.

Popis hlukoměru (Lidl, 2022):

- Přesné měření hladiny akustického tlaku s digitálním zobrazením dBA.

- Vysoká přesnost se 2 nastavitelnými rychlostmi měření (rychle /pomalu).
- Zobrazení minima/maxima s neustálou aktualizací.
- Funkce podržení naměřené hodnoty (Hold).
- Podsvícení.
- Automatické vypnutí po 5 minutách pro úsporu energie.

Technické údaje (Lidl, 2022):

- Rozsah měření hladiny akustického tlaku: 30–130 dBA.
- Přesnost měření: $\pm 1,5$ dBA (při 1 kHz, standardní zdroj zvuku).
- Měřitelný rozsah frekvence: 31,5 – 8 000 Hz.
- Rychlost měření: 125 ms / 1000 ms (rychle /pomalu).
- Rozlišení: 0,1 dB.

Rozměry (Lidl, 2022):

- cca 16,8 x 5,5 x 2,8 cm.

Hmotnost (Lidl, 2022):

- cca 99,8 g.



Obrázek 22: Parkside PDEME 130 A1 (zdroj: autor)

6 Současný stav řešené problematiky

Hluk, který na střelnicích v rámci jejich běžného provozu vzniká, je velmi často zdrojem sporů veřejnosti s majitelem (provozovatelem) střelnice. Nejčastěji tyto animozity gradují při změnách územních plánů nebo při rozšiřování zastavěného území. Nezřídka je bezproblémové dlouholeté provozování střelnic, vybudovaných např. pro někdejší činnost SVAZARMu před rokem 1989, ukončeno poté, kdy občanská výstavba záměrně vstoupí do dříve opomíjených zón hlukového dosahu střelnice a jejíž noví obyvatelé využívají všech možností, aby zástavbu v hlukovém dosahu vyřešili odstraněním jeho zdroje, tedy uzavřením střelnice bez ohledu na její primárnost existence. K řešení problému je povolána Krajská hygienická stanice, která provádí měření hlukového zatížení, a pokud naměřené hodnoty překračují stanovené hygienické limity, je to důvodem k pozastavení provozování střelnice. K řešení problému šíření hluku bývá ze strany provozovatelů střelnic využívána celá řada preventivních postupů a opatření, nejčastěji v podobě úpravy provozní doby, stavby protihlukových stěn, clon nebo zemních valů, vytváření oddělovacích pásů zeleně či instalace zvukově absorbčních materiálů (molitan či kartony od vajec) na střeliště, jejichž finanční nákladnost nemusí být vysoká (Karásek, 2015).

Jak již bylo uvedeno, Krajské hygienické stanice jsou oprávněny provádět měření hlukového zatížení. Tato měření provádějí dvěma způsoby - tzv. modelovým a tzv. inspekčním. V případě modelového způsobu je měření realizováno ve spolupráci s provozovatelem střelnice. Výstupy z této varianty jsou více vypovídající, lze totiž jednoznačně určit z jakých zbraní a jakým střelivem se při měření střílelo. Druhý, inspekční způsob, je opakem modelového způsobu a měření se uskutečňuje bez vědomí provozovatele střelnice. Výsledky mohou být značně nepřesné. Jednak nelze stanovit, zda zbraně, ze kterých se střílelo, jsou zbraněmi s hlukově nejvyššími imisemi, a jednak je obtížné rozpoznat jednotlivé výstřely (Zelená, 2015).



Obrázek 23: Odhlučnění střeliště Jáchymov (zdroj: autor)

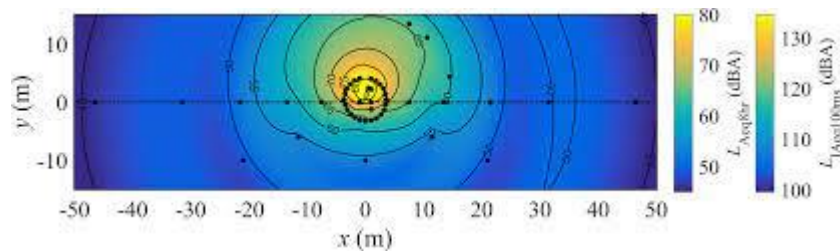
Překvapivé zjištění bylo, že střelnice jen velmi zřídka překračují povolené hygienické limity. Na toto a další témata jsem učinil dotaz Zdravotnímu ústavu se sídlem v Ústí nad Labem, kde mi bylo sděleno, že co se týká měření hluku střelnic v komunálním prostředí v blízkosti obytné zástavby, nebylo z jejich strany již přibližně pět let žádné ověřovací měření na popud stížnosti obyvatel realizováno. Stejný závěr byl konstatován v diplomové práci (Zelená, 2015), kde na shodný dotaz sedm Krajských hygienických stanic uvedlo, že zpravidla dochází k dodržování hygienických limitů hluku a podněty na nadměrný hluk ze střelnic jsou velmi ojedinělé. Oprávněnost podaných stížností je zhruba ve shodném poměru k podnětům neoprávněným. V případě překročení hygienických limitů mají Krajské hygienické stanice oprávnění provoz střelnice pozastavit nebo udělit pokutu. Nejvíce užívaným řešením je snížení počtu výstřelů za osm souvislých nejhluchnějších hodin za stanovený den tak, aby docházelo k dodržování hygienických limitů, nebo je provozovateli střelnice, v souladu s § 31 zákona o ochraně životního prostředí, uděleno povolení provozování nadlimitního zdroje hluku (Zelená, 2015).

V současné době je při zřizování nové střelnice povinnost vycházet z provedené studie, ve které je řešení akustiky střelnice již zahrnuto. Ve studii se bere zvláštní ohled na prostorovou akustiku v místě střeliště, ale i na šíření hluku přes výstřelný prostor. Studie už pracují s aplikací akustických panelů a dělících konstrukcí. Neméně důležitým hlediskem je utlumení hluku ze střelby ve venkovním prostoru s ohledem na přilehlé chráněné stavby.

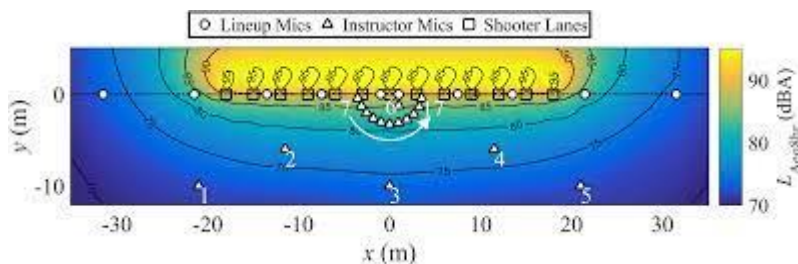
Obdobné téma řešící hluk střelnic bylo popsáno v diplomové práci (Pokorný, 2021). Zde bylo akustické posouzení venkovní střelnice řešeno pomocí programového produktu HLUK+ a následného prověření výsledků ručním výpočtem. Konstatováno bylo, že výsledky z programu HLUK+ a ručním výpočtem jsou vzájemně shodné.

Prověření hlukového šíření prostřednictvím GIS je využíváno především pro modelaci a vizualizaci hluku ve městech. K dispozici jsou na geoportalu.mzcr.cz také hlukové mapy, kde lze shlédnout hlukovou zátěž v celé ČR. Využití pro střelnice je celkem ojedinělé.

Hluk střelnic je problémem nejen v České republice, ale napříč celým světem. Problematika je řešena a popisována v několika odborných článcích a pracích. Zajímavá je práce (Wall et al. 2019), která se zabývá expozicí hluku venkovních vojenských střelnic a jeho vlivem na střelce. Pro měření hluku bylo použito více než 100 mikrofónů, které byly umístěny v průměrné výšce uší stojícího střelce (1,56 metrů) a jako zdroj hluku byla použita zbraň M16A4. Z pušky bylo vypáleno několik výstřelů. Nejprve střílel samotný střelec 20 ran v intervalu dvou až tří vteřin, aby mohly hlukové vlny doznít. Následovala střelba stejným střelcem ze stejného stanoviště, ale s šesti střelci po jeho levé a pravé straně, kteří stáli v rozestupu tří metrů. Tito střelci nestříleli, pouze stáli na palebné čáře. Střelec vypálil šest sérií výstřelů po deseti ranách. Po každé sérii byl krajní střelec nahrazen mikrofónem. Z výsledků je zřejmé, že hlavní energie hluku vždy směřovala směrem dopředu. Nejpodstatnějším zjištěním z této studie je informace, že nejvíce dominuje hluková vlna ze zbraně střelce. Na další střelce na palebné čáře přidával hluk pouze 3 až 4 dB. Výsledky měření jsou zobrazeny na obrázku číslo 20 a 21.



Obrázek 24: Hodnoty hluku v případě jednoho střelce (URL 5)



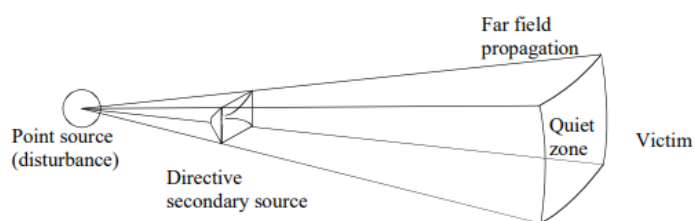
Obrázek 25: Hodnoty hluku v případě 13 střelců (URL 5)

Další práce zabývající se hlukem na střelnicích je práce (Nordby et al. 2021), řešící hluk na nově vybudované venkovní policejní střelnici. V práci je hluk charakterizován a popsán jako soubor tří mechanismů vzniku, prvním je výstřel z hlavně, druhým nadzvuková rychlost střely a zvuk, který vydává střela a třetím nárazový hluk od terčů. Metodika práce vycházela z pěti nebo deseti výstřelů ze shodné zbraně a střeliště. Střelec pálil v 30vteřinovém intervalu. K měření bylo použito pět zvukových měřících zařízení. V práci je počítáno i s jistou chybovostí, která může být tvořena hlukem z okolí, zejména hlukem z dopravy (blízká dálnice) a prací na staveništi. Výsledkem bylo zjištění, že střelnice z hlediska hluku vyhovuje.

Vliv velké míry urbanizace a tím přibližování se dříve vzdálených střelnic do hustě osídlovaných oblastí a tím i tlak na splnění hlukových limitů je popsán v práci (Bronuzzi et al. 2012). V rámci této práce bylo provedeno měření hluku venkovní střelnice. Prověřeno bylo několik ráží a druhů komerčního střeliva včetně ručně přebíjeného s různou prachovou náplní. Testem prošlo i střelivo podzvukové a střelivo se zrychlenou střelou. Výsledkem u komerčně vyráběného střeliva v porovnání s ručně přebíjeným je konstatování, že hlukový rozptyl je u komerčního střeliva plus minus 0,5 dB oproti plus minus 2 dB u ručně přebíjeného. Při měření hodnot hluku výstřelu

měřeného jeden metr od ústí hlavně se hodnoty hluku pohybovaly v rozmezí od 143,5 dB až k 147,5 dB v případě podzvukového střeliva a v případě střeliva se zrychlenou střelou byly naměřeny hodnoty v rozmezí od 152 dB až po 155,5 dB.

V práci (Kuisma et al. 2006) je testována tzv. ANC (aktivní kontrola hluku). Jde v podstatě o systém, který je ovládán řídicí jednotkou reagující na hlukový podnět. Při reakci na hluk dojde k jeho potlačení. Pracováno je s předpokladem, že hluková vlna se šíří směrem od střelce (obrázek číslo 22). Prověření bylo provedeno ze střelné zbraně ráže 9x19 mm a útočné pušky ráže 7,62x39 mm. Výsledkem je konstatování, že maximální snížení hluku je možno docílit přibližně ve výši 3 až 6 dB. Lze předpokládat, že útlum lze zlepšit správným návrhem systému ANC.



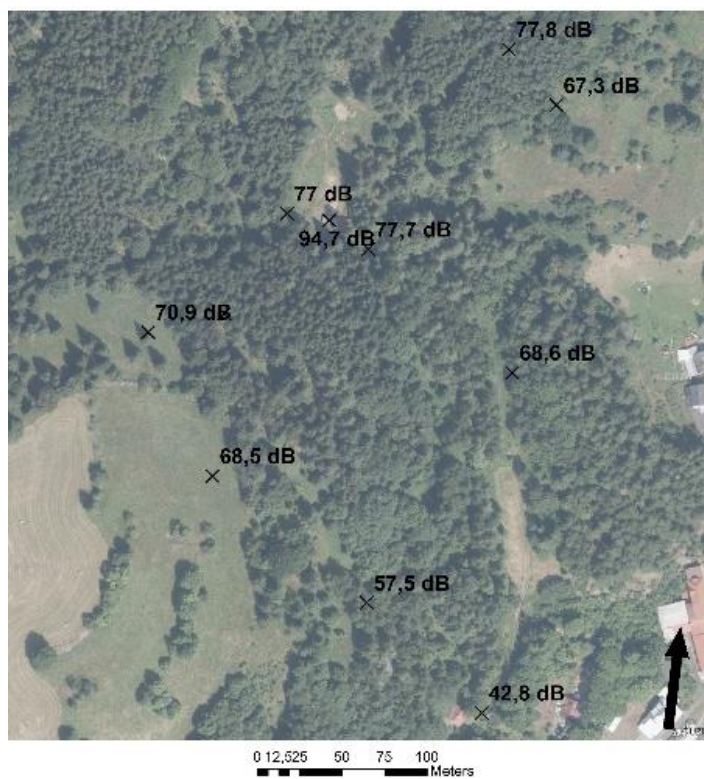
Obrázek 26: Směr hlukové vlny (URL 6)

Sportovní a loveckou střelbu ve spojitosti s hlukem popisuje práce (Boczkowski 2020). V práci je poukázáno na negativní hluk ze střelnic ve spojení s životním prostředím, blízkosti obytných budov u střelnic a nárůstem konfliktů s obyvateli. Poukazuje na možnosti řešení například použitím kumulativních modelů podrobně popsanych v práci (Wall et al, 2019). Pomocí těchto modelů je možné určit vhodné umístění střelců nebo rozhodčích a snížit tím tak jejich vystavení hluku. Nejjednodušší modely jsou založeny na součtu energií nezávislých zdrojů, přičemž je zohledněna i doba expozice. Pro modelaci hluku v práci (Boczkowski 2020) použil software CadnaA, který dokáže akusticky namodelovat hluk střelby v závislosti na čase střelby. V závěru je software kladně hodnocen s doporučením, že se dokonale hodí pro výpočet šíření hluku při loveckých střeleckých soutěžích.

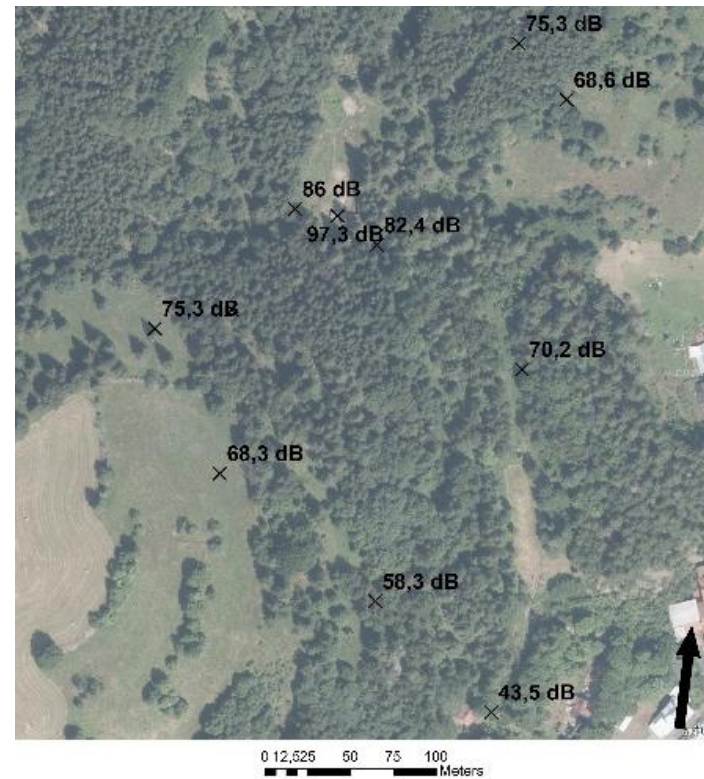
7 Výsledky

Hodnoty naměřené na jednotlivých náhodně vybraných místech v blízkosti střelnic jsou zobrazeny na mapových snímcích. V zobrazení jsou použity hodnoty z obou využívaných hlukoměrů, pro snadné a přehledné srovnání naměřených hodnot a porovnání tak jednotlivých výsledků při měření certifikovaným a necertifikovaným hlukoměrem. Při pohledu na výsledná data je zřejmé, že k výrazným rozdílům došlo pouze ve třech případech, dále se výsledky liší v rozmezí 5 dB, tedy zanedbatelně. Pokud jde o střelnici Jáchymov, je největší rozdíl v naměřených hodnotách ve výši 9 dB, a to po levé straně od střeliště, kde TROTEC SL300 naměřil hodnotu 77 dB a PARKSIDE PDEME 130 A1 hodnotu 86 dB. U střelnice PČR je paradoxně taktéž největší rozdíl po levé straně od střeliště, a to hned ve dvou případech o hodnotách 16,8 dB a 8,1 dB, kdy certifikovaný hlukoměr naměřil hodnoty 83,1 dB respektive 98,7 dB a necertifikovaný hlukoměr hodnoty 99,9 dB respektive 90,6 dB.

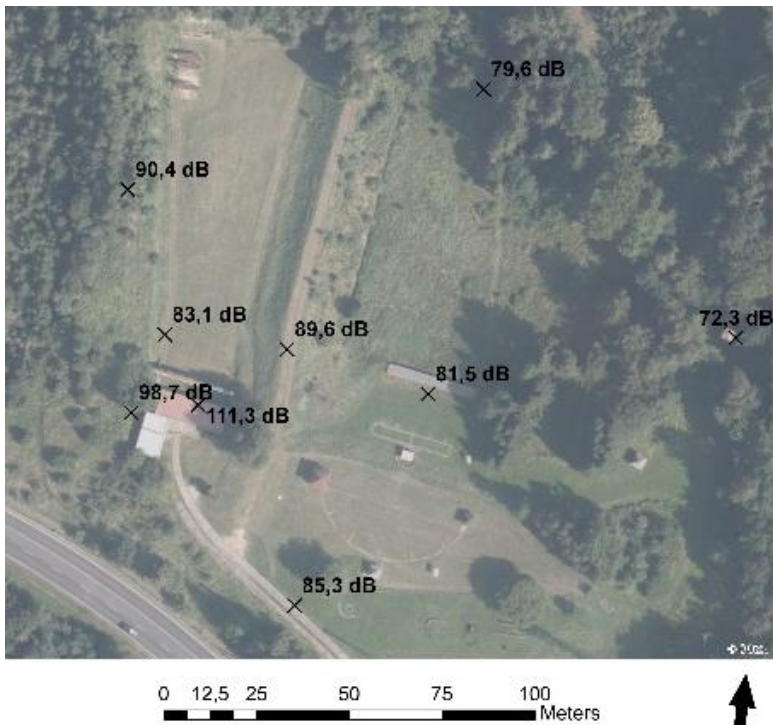
Pro další činnosti v programu ArcMap bylo již dále nakládáno pouze s hodnotami z certifikovaného hlukoměru TROTEC SL300.



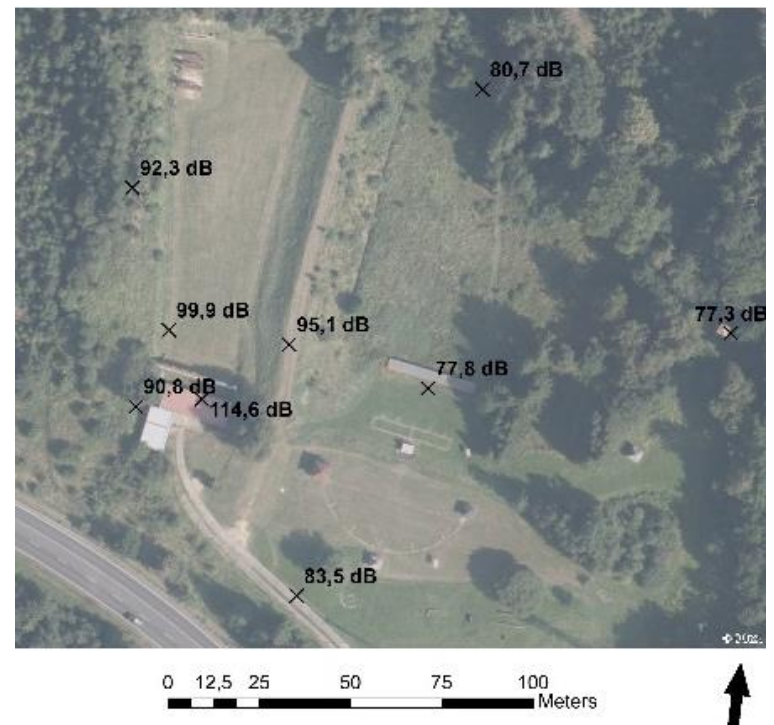
Obrázek 27: Naměřené hodnoty hlukoměrem Trotec SL300 – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)



Obrázek 28: Naměřené hodnoty hlukoměrem Parkside – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)



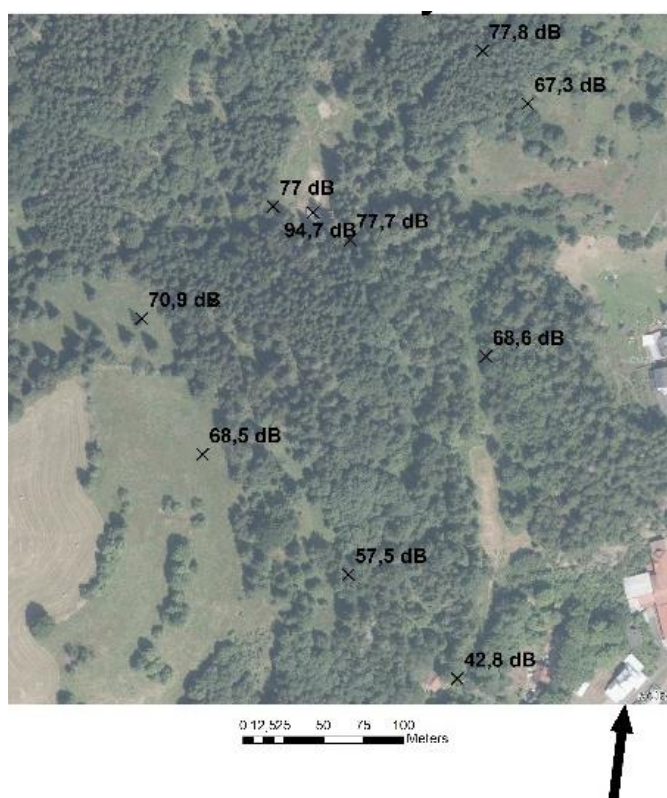
Obrázek 29: Naměřené hodnoty hlukoměrem Trotec SL300 – střelnice PČR (zdroj: autor)



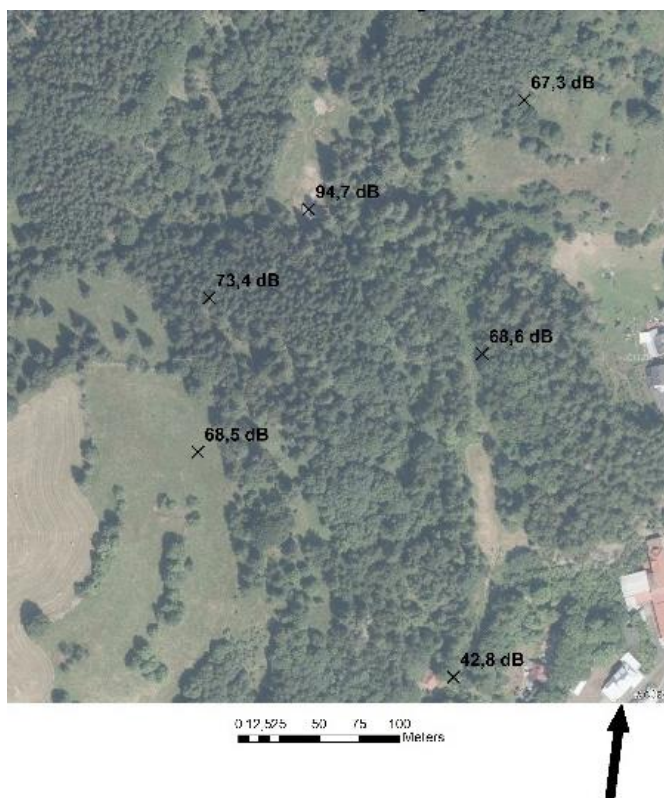
Obrázek 30: Naměřené hodnoty hlukoměrem Parkside – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.1 Výsledky měření střelnice Jáchymov

Hodnoty, se kterými bylo v případě střelnice v Jáchymově pracováno, jsou vyznačeny v mapovém snímku níže. Dále jsou v dalším mapovém snímku vyznačeny hodnoty, které byly použity pro modelaci šíření hluku po odebrání naměřených bodů.



Obrázek 31: Hodnoty hluku pro interpolace – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

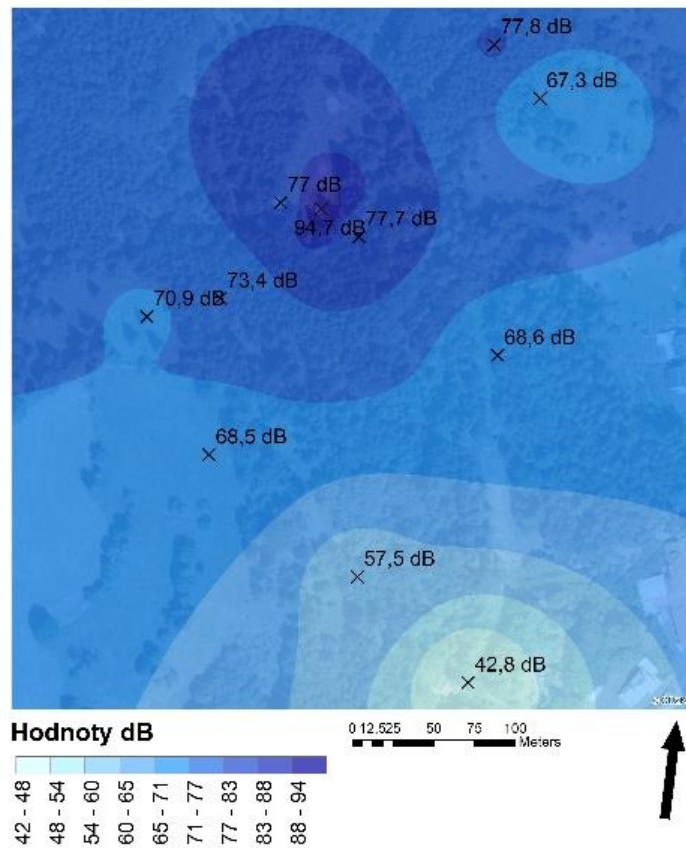


Obrázek 32: Hodnoty hluku pro interpolace s odebranými hodnotami – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

7.1.1 Výsledky IDW

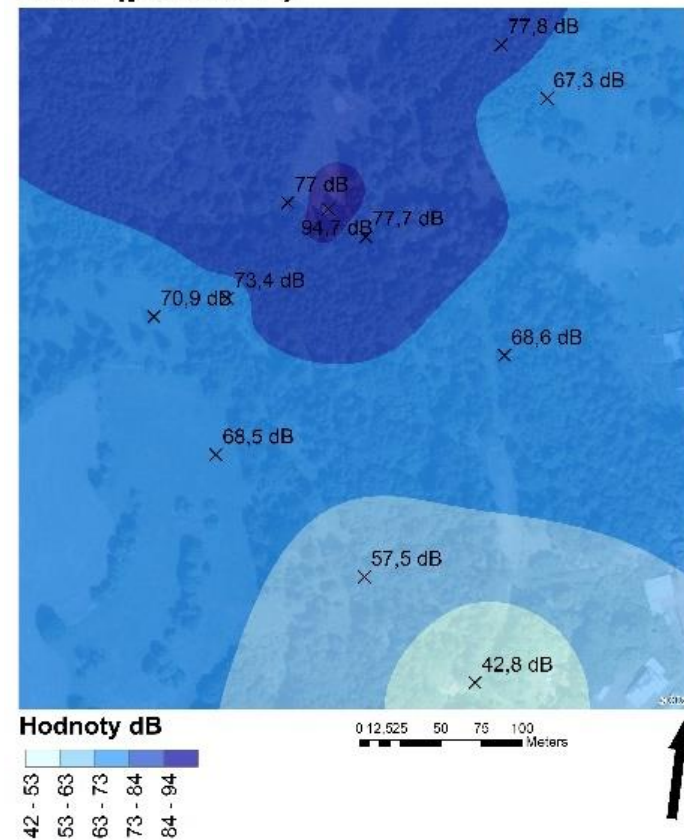
Z výsledků je evidentní, že největší hladina hluku byla vyhodnocena v bezprostřední blízkosti střeliště. Dále je zobrazeno, jak hluk vyšších hodnot směřuje po dráze střely přes výstřelný prostor k terčové linii a omezeně pokračuje i dále ve směru původního letu střely. V případě zobrazení pomocí devíti intervalů je dále možno vidět, jak se hodnota hluku snižuje po obou stranách. Dále je zřejmé, jak hluk za střelištěm dosahuje postupně nižších hodnot ve spojitosti s narůstající vzdáleností od střeliště.

IDW (power 2)



Obrázek 33: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

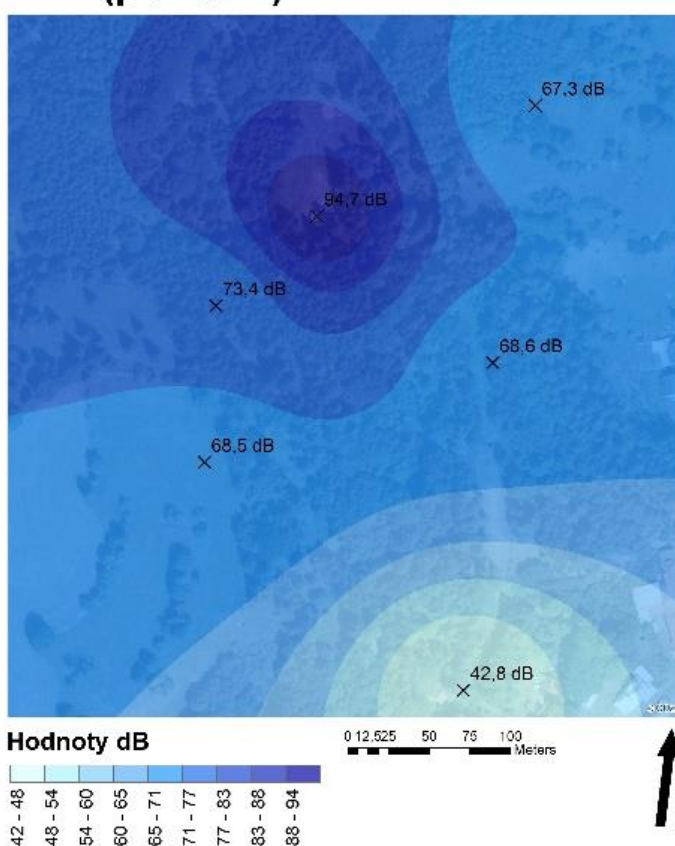
IDW (power 2)



Obrázek 34: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

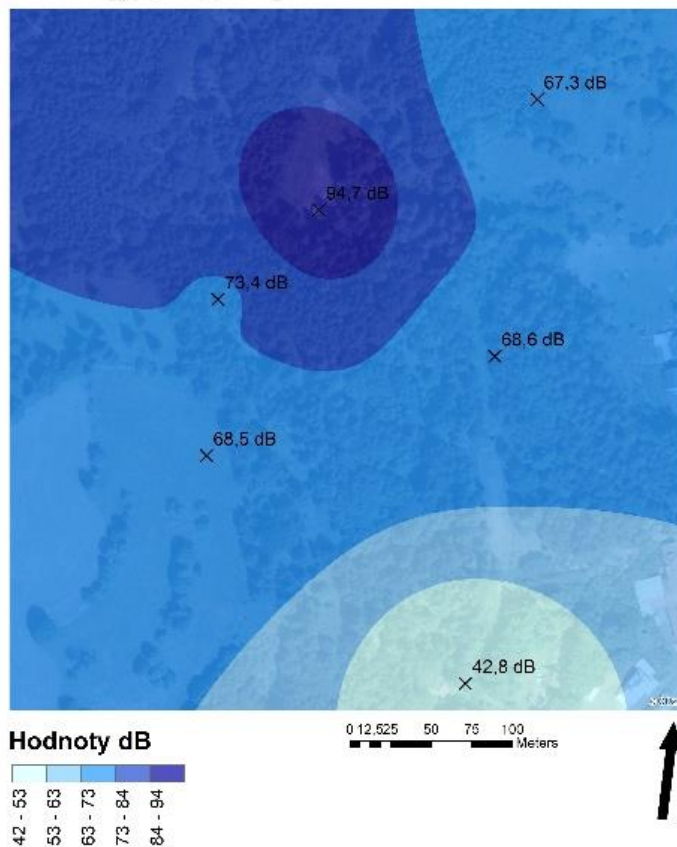
Velmi obdobných výsledků je dosaženo při zobrazení interpolace po odebrání čtyř naměřených hodnot. Lze říci, že výsledky zobrazují obdobné šíření hluku. Z výsledků je opět zřejmý směr nejvyšších hodnot hluku od střeliště k terčové linii a klesající hodnoty hluku za střelištěm. Při zúžení zobrazení na pět intervalů jsou výsledky zkreslenější, přesto lze konstatovat, že i tak jsou výsledné hodnoty vypovídající.

IDW (power 2)



Obrázek 35: Znáornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

IDW (power 2)



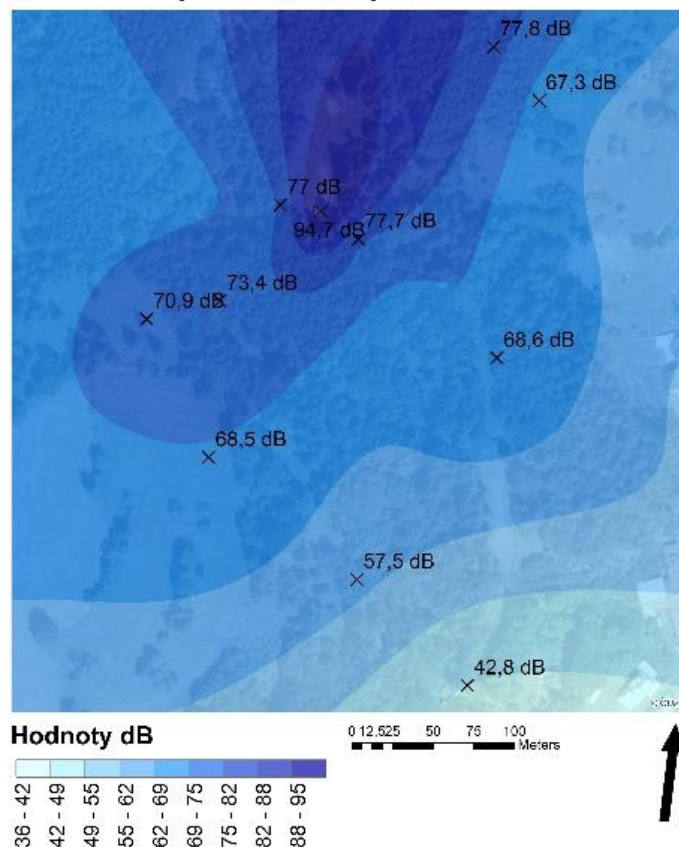
Obrázek 36: Znáornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

7.1.2 Výsledky Spline

Při porovnání výsledku obou nastavení (REGULARIZED i TENSION) nejsou zřejmé velké rozdíly v zobrazení, je však zřetelný velký rozdíl ve výsledcích hodnot hluku v legendě. Přestože největší naměřená hodnota hluku na střelišti byla 94,7 dB, Spline pracuje s maximálním hlukovým rozmezím 93 až 99 dB u nastavení TENSION a s rozmezím 105 až 114 dB u nastavení REGULARIZED.

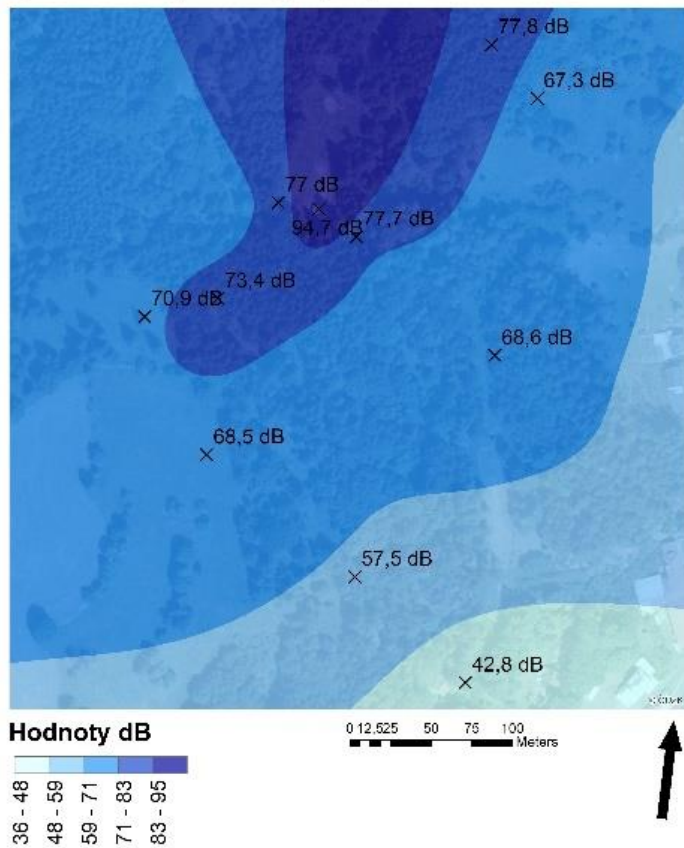
Přestože je z výsledku opět evidentní logický pohyb nejvyšších hodnot hluku směrem od střeště po dráze střely, přes výstřelný prostor k terčové linii a dále, není jeho modelace a zobrazení, tak vypovídající jako u předchozí interpolační metody. Výstupy jsou zejména v místech, kde jsou od sebe měřící body více vzdálené, hodně oblé a dle mého názoru nevypovídající. U této metody jsem dospěl k přesvědčení, že zobrazení v devíti intervalech je spíše na škodu a větší vypovídající hodnota v zobrazení šíření hluku je zajištěna při zobrazení v intervalech pěti.

SPLINE (TENSION)



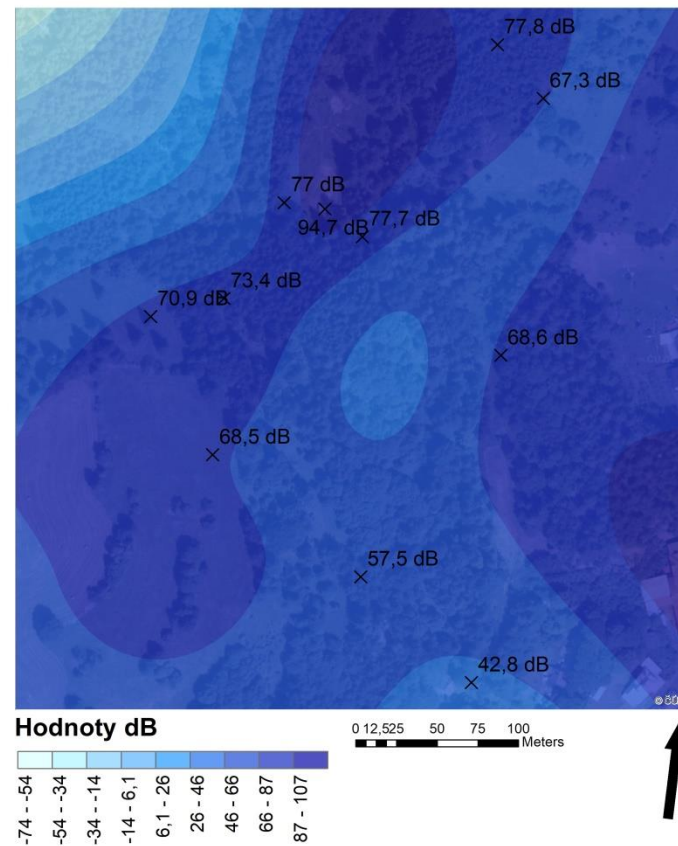
Obrázek 37: Znáornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (TENSION)



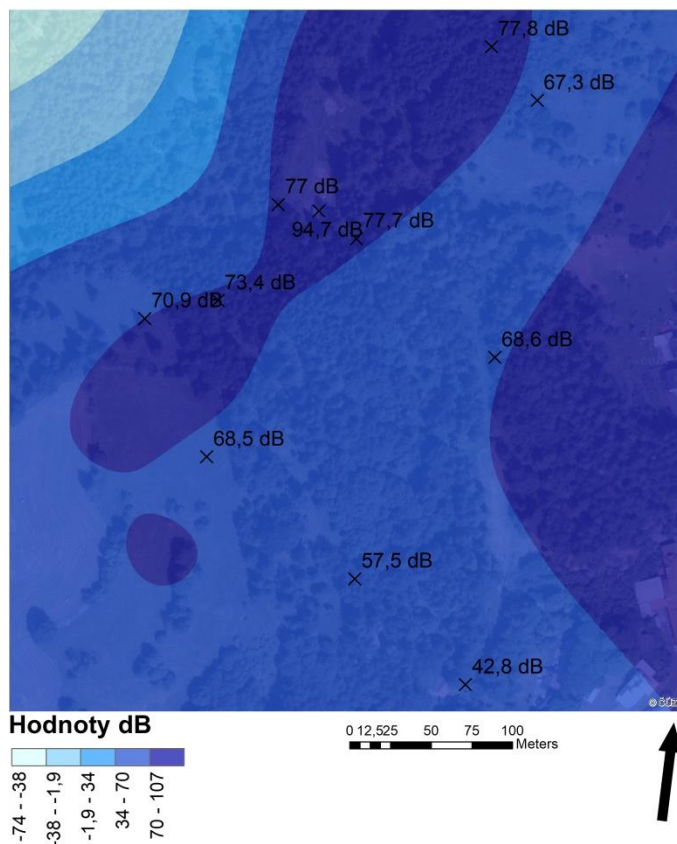
Obrázek 38: Znárodnění šíření hluku metodou Spline pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)



Obrázek 39: Znárodnění šíření hluku metodou Spline pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)

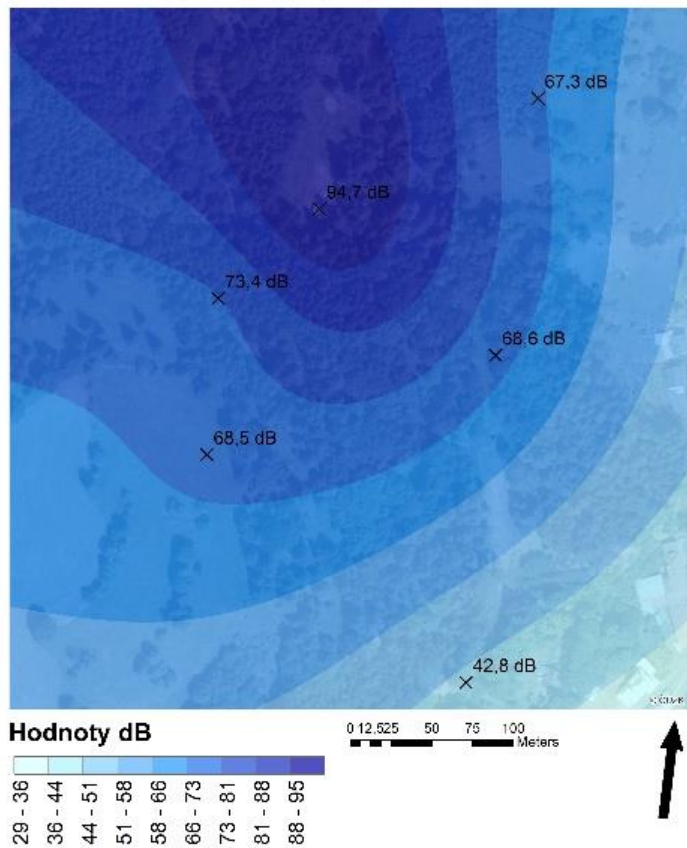


Obrázek 40: Znárodnění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

Pokud přejdeme k výsledkům po odebrání čtyř naměřených hodnot, jsou výsledky již dosti nepřehledné. Opět dochází k nepřesnému přepočtu a výstup pracuje s hodnotami vyššími, než které byly naměřeny v terénu, i když je nutno říci, že u nastavení REGULARIZED jsou tyto hodnoty poněkud vyšší, než tomu je u nastavení TENSION.

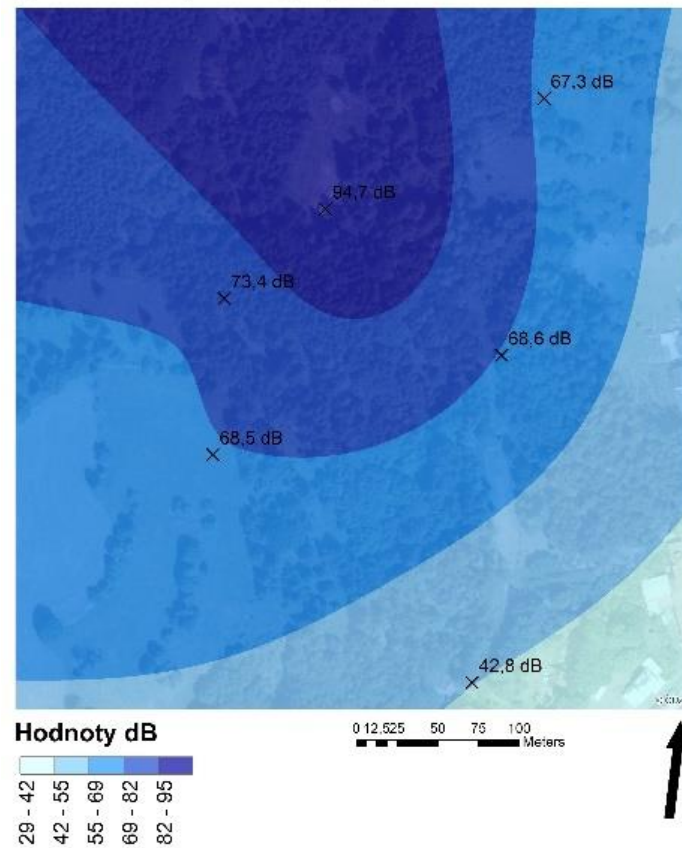
Z grafiky lze konstatovat, že nejvíce odpovídajícím výstupem je zobrazení hodnot u obrázku Spline (TENSION) při zobrazení v pěti intervalech. U zbylých výstupů lze konstatovat, že jsou nevyhovující.

SPLINE (TENSION)



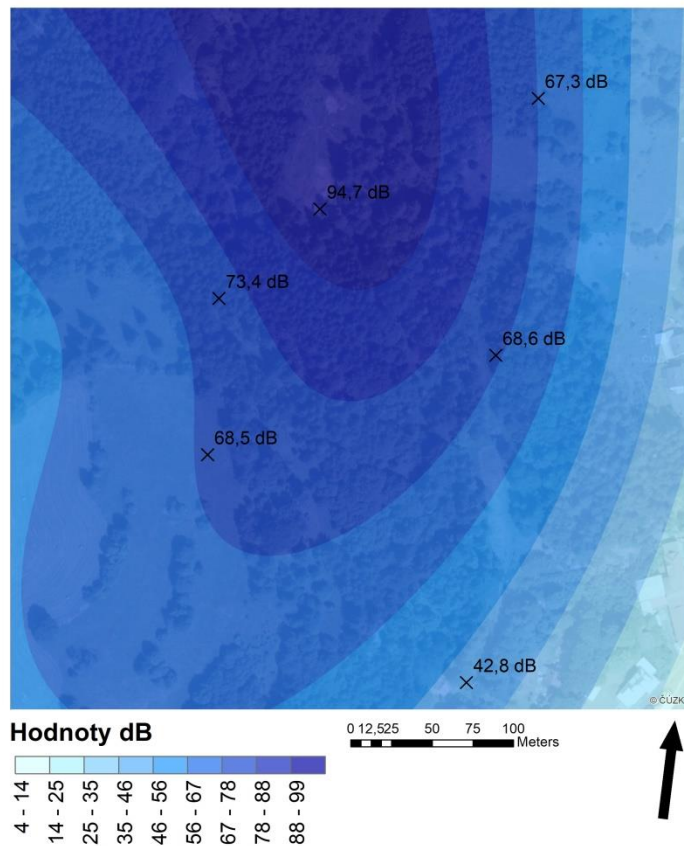
Obrázek 41: Znáznornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (TENSION)



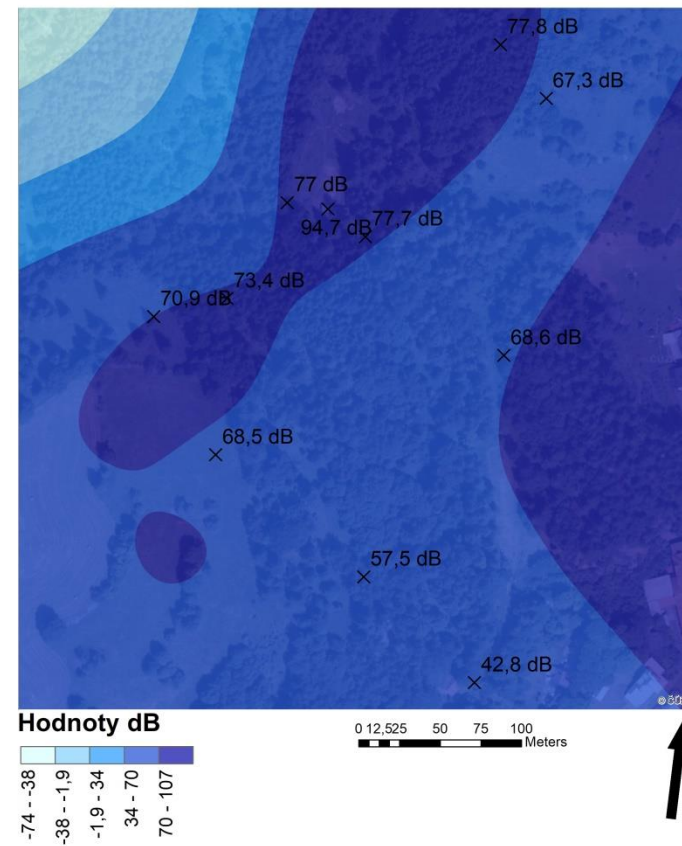
Obrázek 42: Znáznornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)



Obrázek 43: Znáznornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)

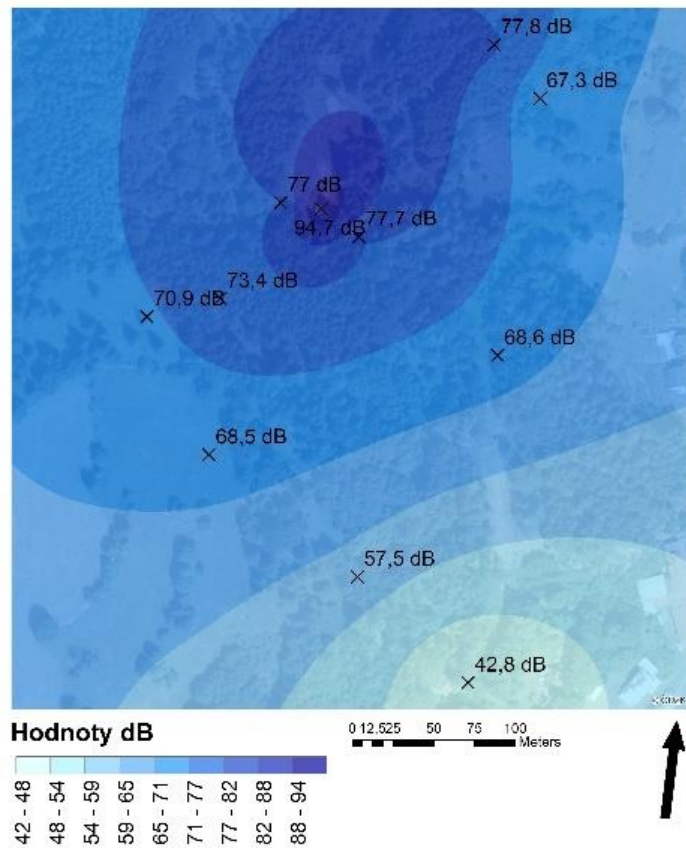


Obrázek 44: Znáznornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

7.1.3 Výsledky Kriging

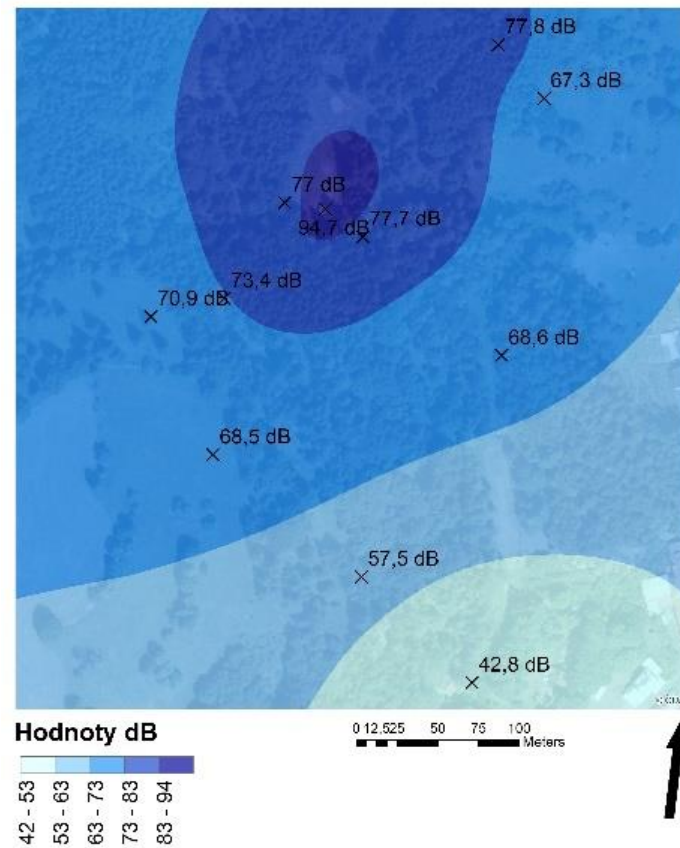
Z výstupů je zřejmý již několikrát zobrazený trend, který znázorňuje šíření hluku směrem od zdroje k terčové linii a dále. Zobrazení je přehledné a vcelku i vypovídající, přestože lze směrem za střelištěm spatřovat jistý přechod k liniovému zobrazení. Toto může být způsobeno nedostatkem naměřených hodnot v této oblasti. U zobrazení pomocí devíti intervalů je dosaženo přehlednějšího výstupu. Při zobrazení pomocí pěti intervalů nastává již zmíněné liniové zobrazení dříve. U zobrazení po odebrání některých naměřených hodnot je rovněž zřejmé liniování výsledků. Opět lze výsledky vyhodnotit jako vypovídající. Přechod do liniového zobrazení za střelištěm je opět zřetelně patrný.

KRIGING



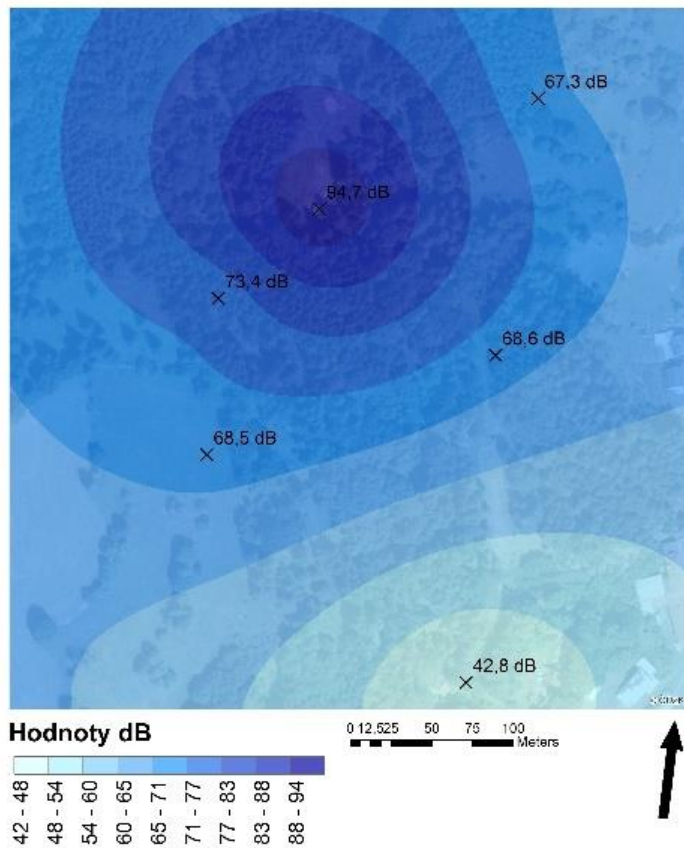
Obrázek 45: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

KRIGING



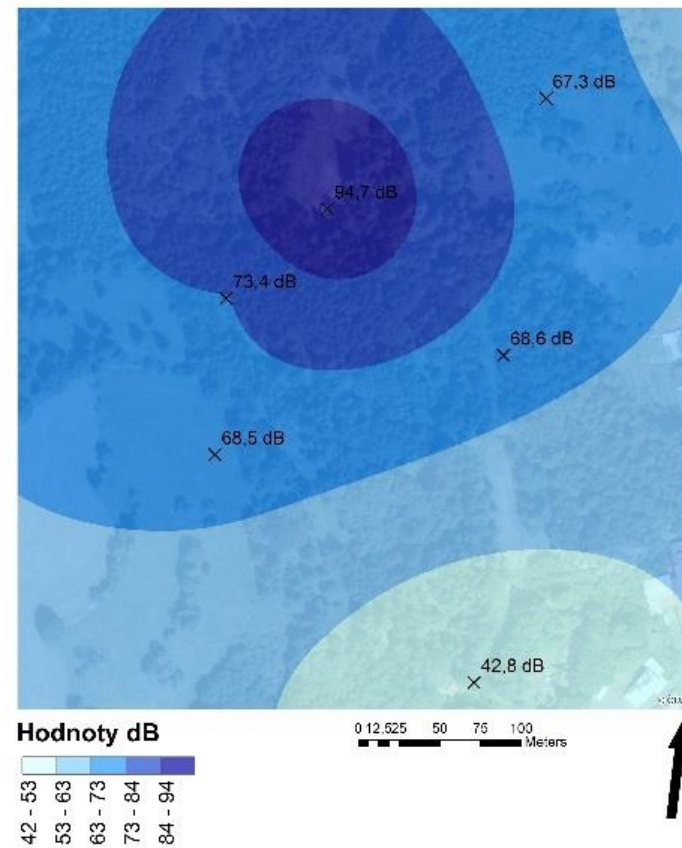
Obrázek 46: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

KRIGING



Obrázek 47: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

KRIGING

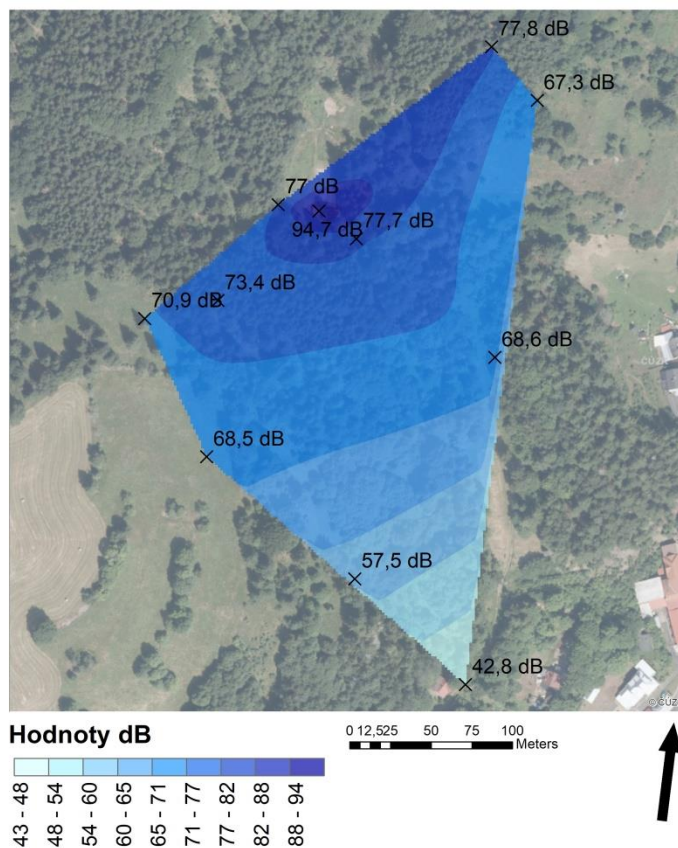


Obrázek 48: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

7.1.4 Výsledky Natural neighbor

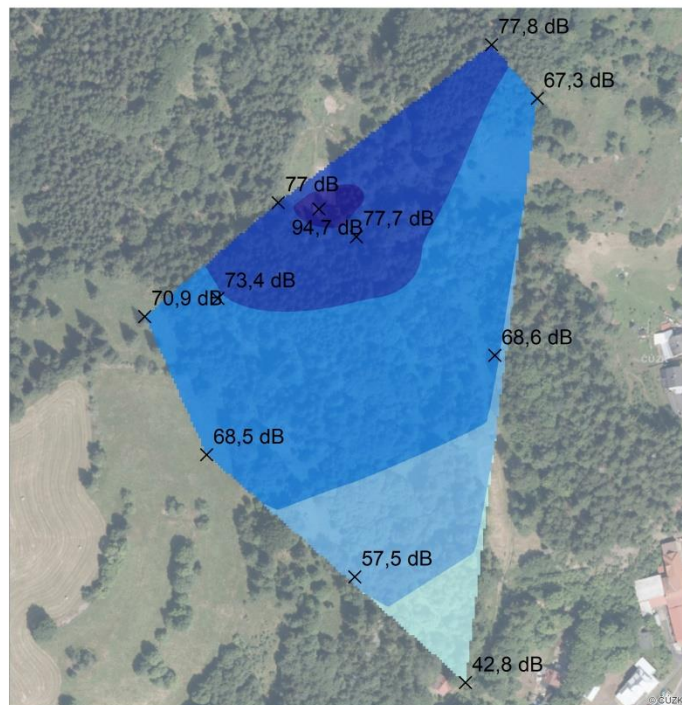
Již na první pohled je zřejmé, že výstup z této metody je zcela odlišný od výstupů metod předchozích. Přestože je evidentní snaha pro zobrazení již tolikrát opakovaného trendu v šíření hluku, nelze u této metody poukázat na jistou liniovitost v zobrazení výsledků, a to ani v místech, kde je množství naměřených dat z terénu poměrně velké. Jako klad lze u metody vyhodnotit snad jen to, že pracuje s rozsahem odpovídajících hodnot, které korelují s hodnotami naměřenými v terénu. Stejných, ne-li horších výsledků dosáhneme při zobrazení interpolace po zúžení vstupních bodů. Opět je zřejmá liniovitost v zobrazení.

NATURAL NEIGHBOR

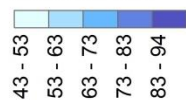


Obrázek 49: Znárodnění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

NATURAL NEIGHBOR



Hodnoty dB

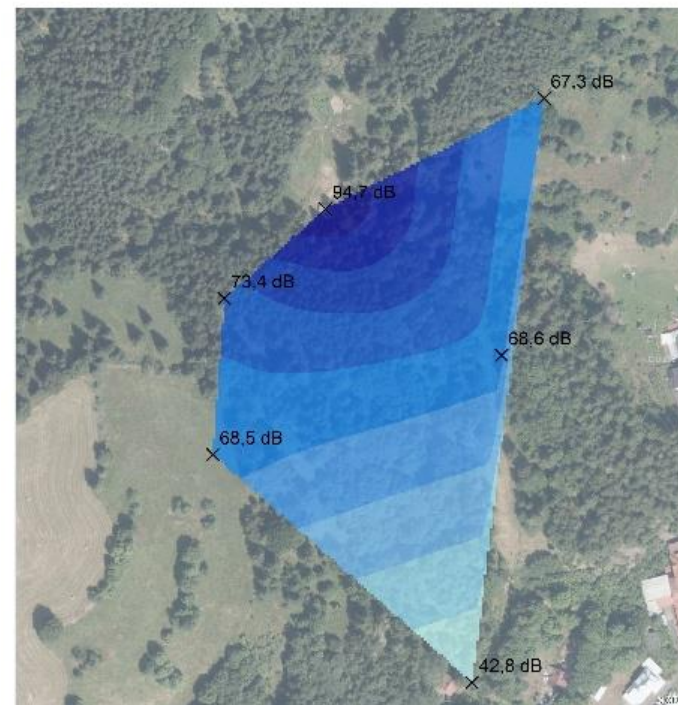


0 12.5 25 50 75 100
Meters



Obrázek 50: Znáznornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

NATURAL NEIGHBOR



Hodnoty dB

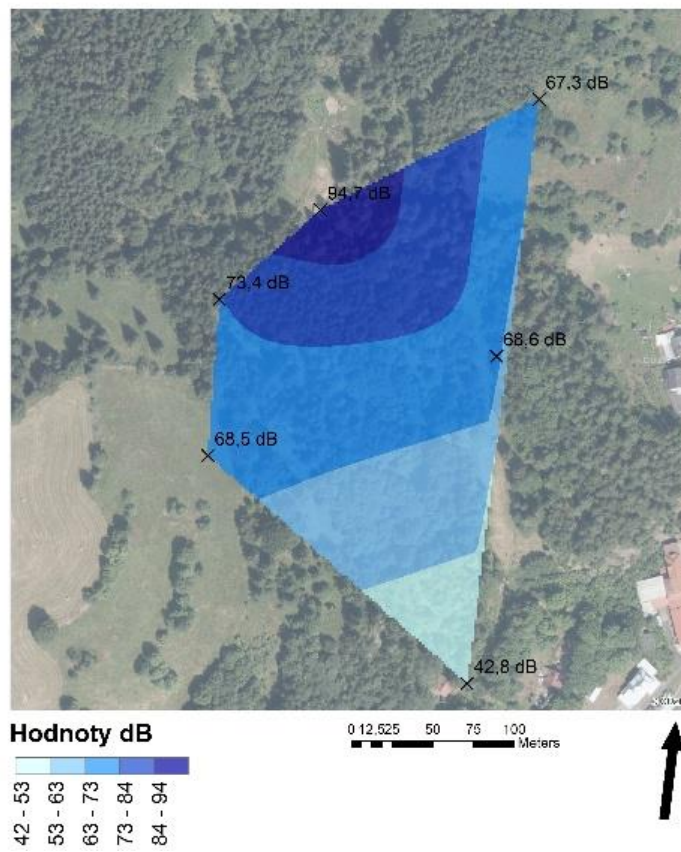


0 12.5 25 50 75 100
Meters



Obrázek 51: Znáznornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

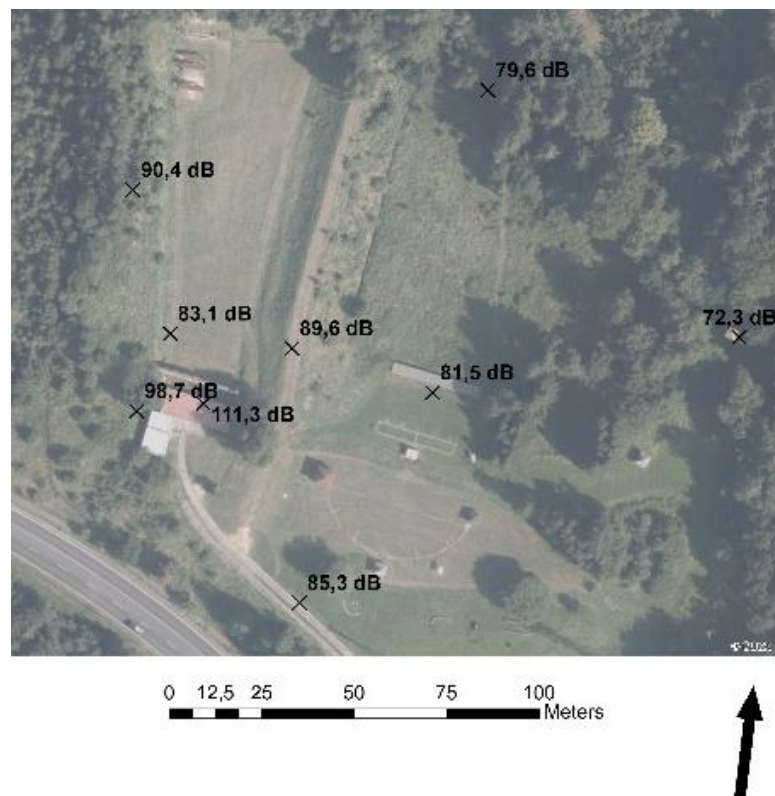
NATURAL NEIGHBOR



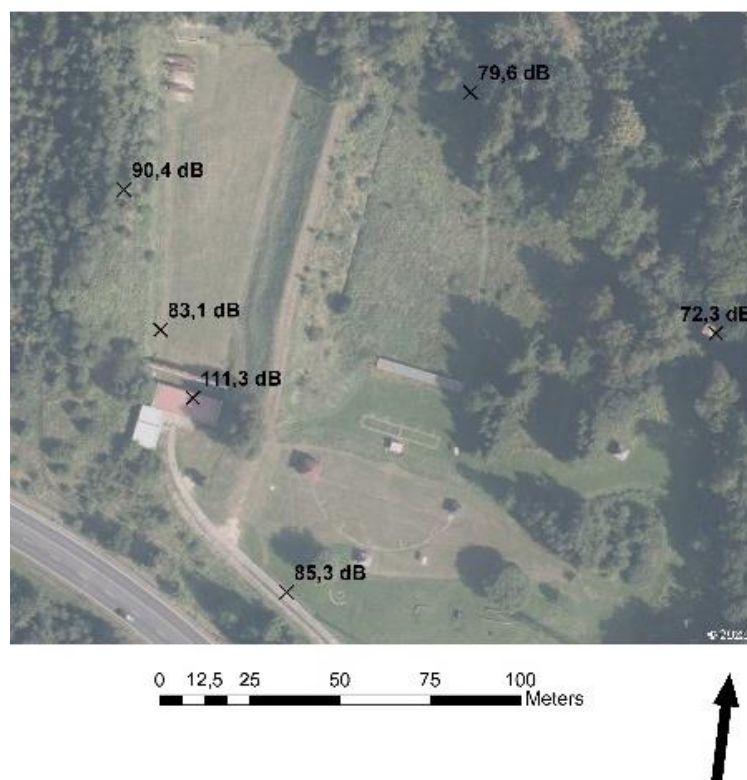
Obrázek 52: Znáornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

7.2 Výsledky měření střelnice PČR

Zobrazení naměřených hodnot z terénu, které byly pro modelaci šíření hluku použity, je v případě střelnice PČR zohledněno v obrázku níže. Hodnoty pro výpočet interpolačních metod po odebrání naměřených bodů jsou zobrazeny v druhém obrázku.



Obrázek 53: Hodnoty hluku pro interpolace – střelnice PČR (zdroj: autor)

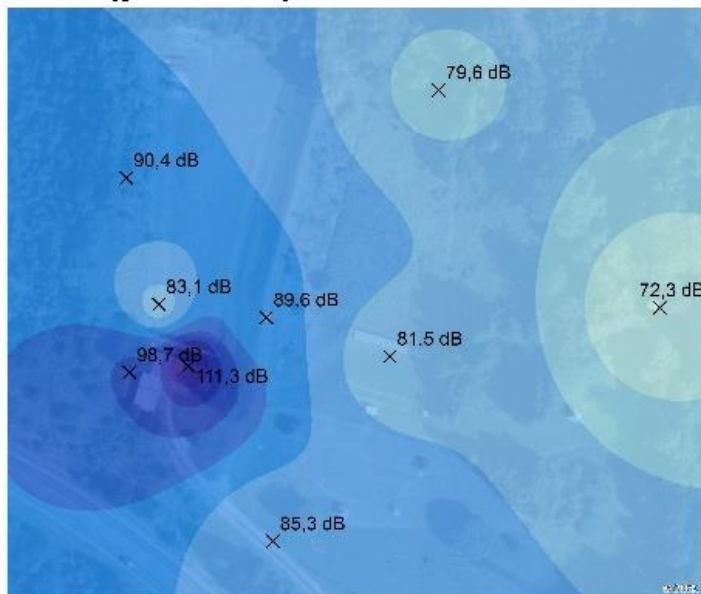


Obrázek 54: Hodnoty hluku pro interpolace s odebranými hodnotami – střelnice PČR (zdroj: autor)

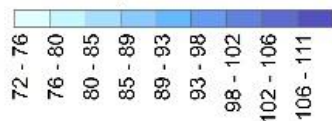
7.2.1 Výsledky IDW

Z výpočtu interpolační metody je patrná nejvyšší hodnota v okolí střeliště. Poměrně přesvědčivě je zobrazeno i další šíření hluku, které kopíruje dráhu střely přes výstřelný prostor, přestože je zřejmý jistý odklon hluku z této dráhy před terčovou linií. Toto odchýlení je možno přikládat neprovedením měření v tomto prostoru. V případě zobrazení v devíti intervalech je dále možno vidět, jak se hodnota hluku snižuje spíše po pravé straně. Toto je opět způsobeno nedostatkem měřících bodů v levé straně střeliště. Oproti střelnici Jáchymov není tak výrazný pokles hluku za střelištěm. Absence výrazného poklesu hladiny zvuku je zapříčiněna i blízkostí hlavní komunikace E 48, kde jsem v den měření naměřil hodnotu hluku dopravy ve výši 63 dB. Troufnu si konstatovat, že bezprostředně u komunikace E 48 by výstřel ze střelnice nebyl člověkem ani zaznamenán.

IDW (power 2)

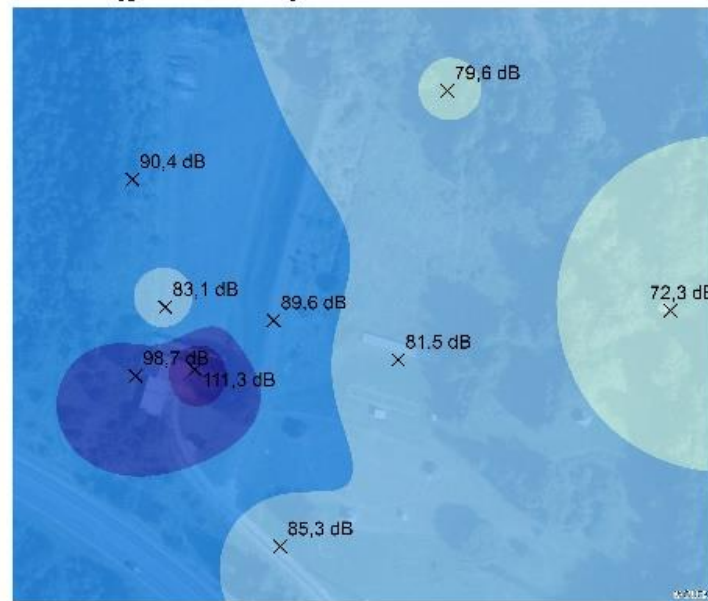


Hodnoty dB

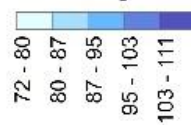


Obrázek 55: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

IDW (power 2)

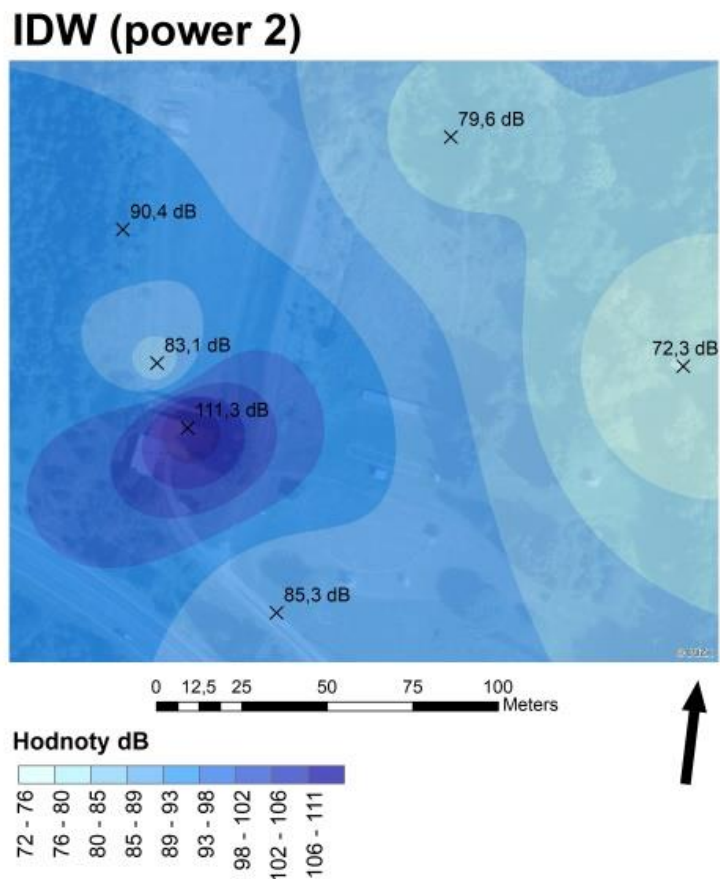


Hodnoty dB



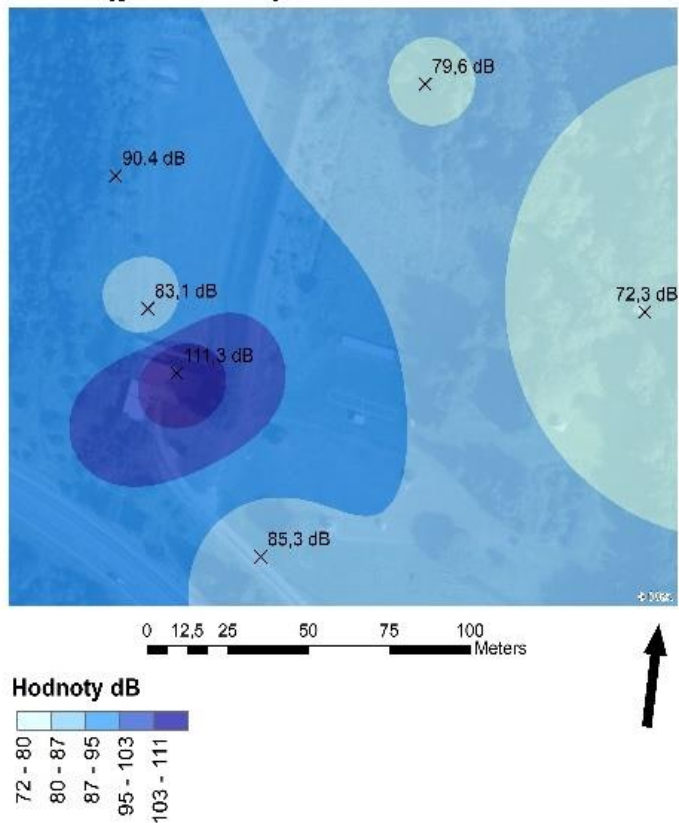
Obrázek 56: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

Velmi obdobných výsledků je dosaženo při zobrazení interpolace po odebrání tří naměřených hodnot. Z modelace vychází zobrazení směru šíření hluku po dráze střely od stříliště, přes výstřelný prostor k terčové linii. Klesající hodnoty jsou spíše v levé straně střelnice. V případě zobrazení modelace při zadání pouze pěti hodnot je výsledek téměř shodný.



Obrázek 57: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

IDW (power 2)



Obrázek 58: Znáznornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.2.2 Výsledky Spline

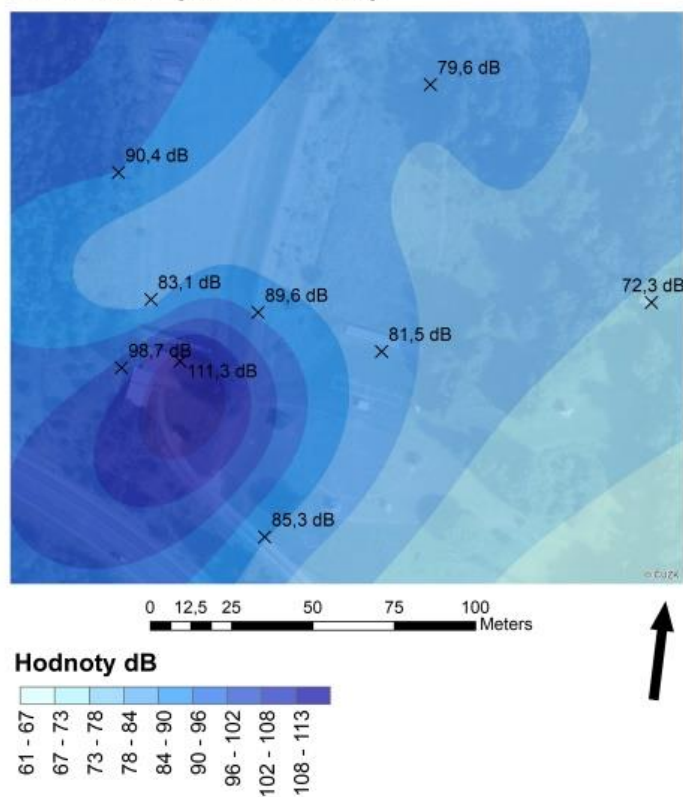
Při porovnání výsledku obou nastavení (REGULARIZED i TENSION) jsou zřejmé rozdíly v zobrazení, přestože nejsou veliké. Větší rozdíl je evidentní ve výsledných hodnotách, které jsou zobrazeny v legendě. Nejvíce je to patrné u nastavení REGULARIZED, kde je v legendě pracováno s hodnotami od 5 dB do 168 dB, což je v úplném rozporu s hodnotami naměřenými v terénu, kde rozmezí bylo 72 dB až 111 dB.

Z výsledků lze jen stěží vypočítat předpokládané šíření hluku od střeliště po dráze střely, přes výstřelný prostor k terčové linii. Jako u střelnice Jáchymov jsou výsledky hodně zaoblené a jistě minimálně vypovídající o skutečném šíření směru hluku. Dalším aspektem, který mě vede k přesvědčení o nevypovídajícím šíření hluku,

je zobrazení v levém horním rohu, kdy je vždy vymodelována hluková zátěž v maximálních hodnotách, což lze vzhledem ke vzdálenosti od střeliště zcela jistě vyloučit. Ostatně ani měření v terénu nebyl ani náznak zvyšování hluku vzrůstající vzdáleností měření od střeliště zaznamenán.

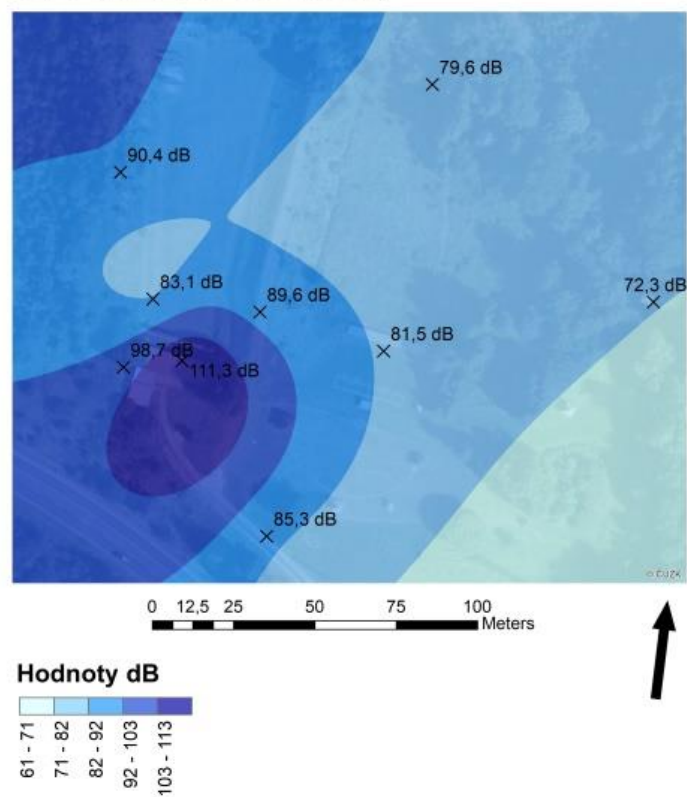
Opět musím zhodnotit, že pro měření hluku je při využití této metody spíše vypovídající zobrazení menšího počtu intervalů, v mém případě pěti.

SPLINE (TENSION)



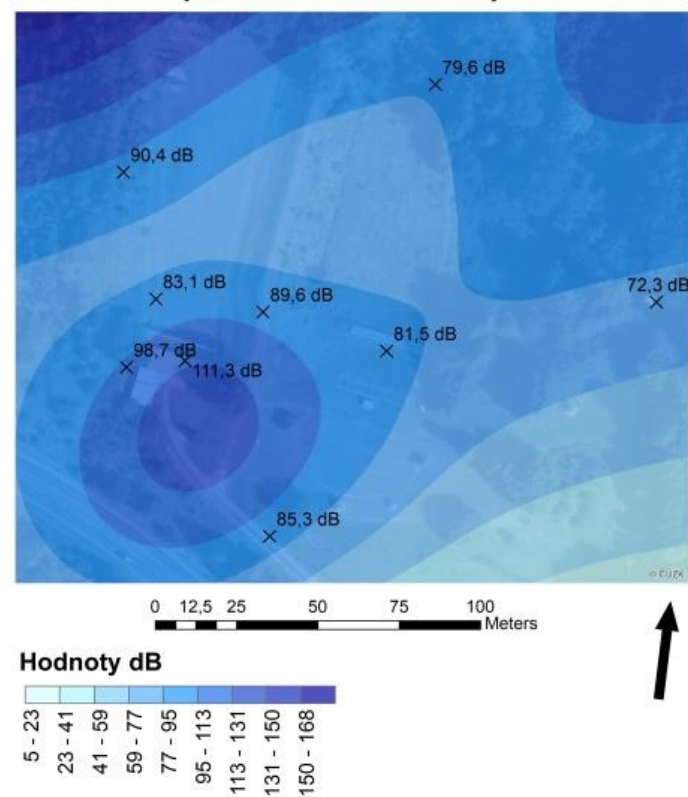
Obrázek 59: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (TENSION)



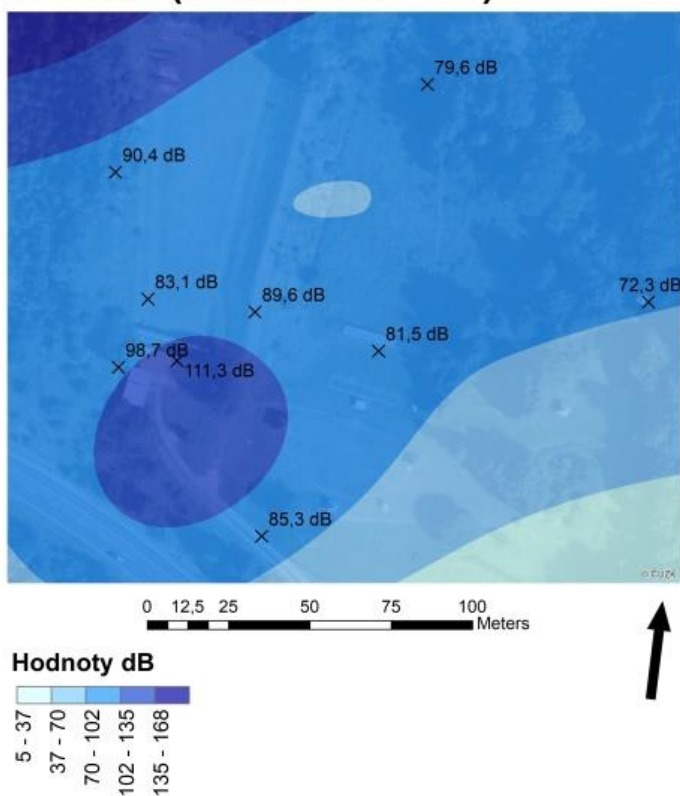
Obrázek 60: Znárodnění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)



Obrázek 61: Znárodnění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)

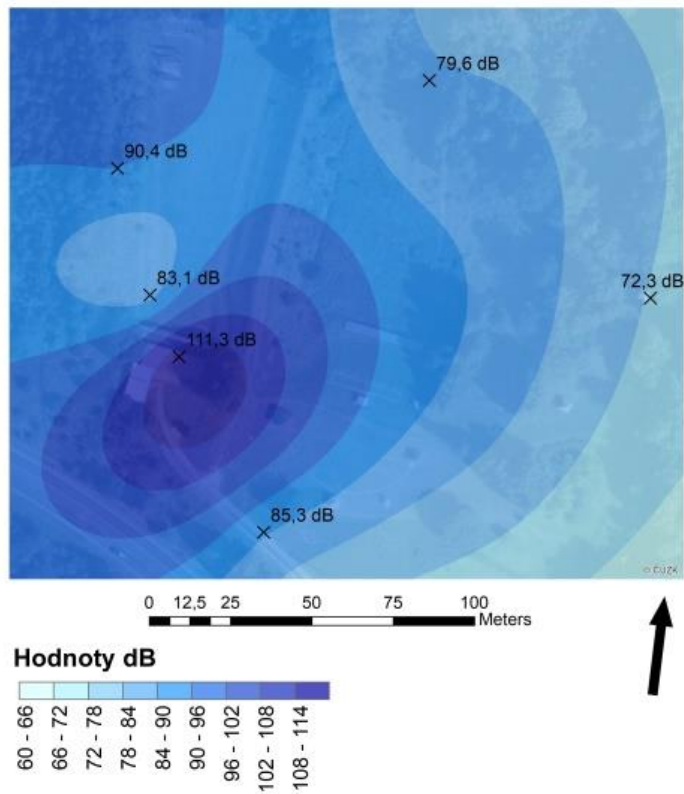


Obrázek 62: Znáznornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

V případě porovnání výsledků dopočtu po odebrání tří naměřených hodnot lze hodnotit výsledky u metody REGULARIZED jako irelevantní. Opakují se opět nepřesné přepočty hodnot.

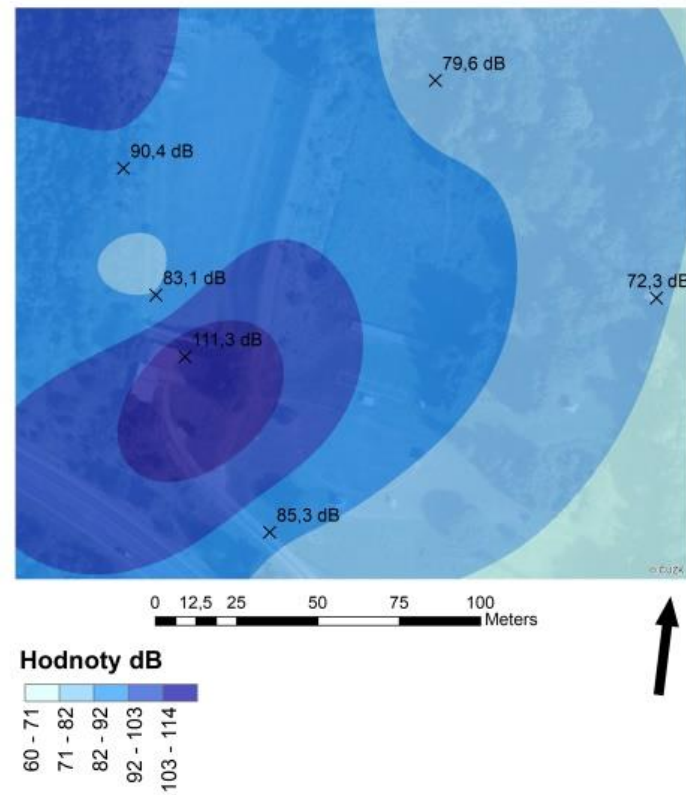
Pokud jde o metodu TENSION, zde nelze konstatovat nevypovídající modelaci, naopak jsem názoru, že výstup po odečtení třech naměřených hodnot je více vypovídající v porovnání s výsledkem při zobrazení metody Spline (TENSION) se zohledněním devíti naměřených hodnot. Nelze nezmínit, že namodelované hodnoty opět, ve všech případech v levém horním rohu, zobrazují zvýšený hluk, což je vzhledem ke vzrůstající vzdálenosti měření od střeliště vyloučeno.

SPLINE (TENSION)



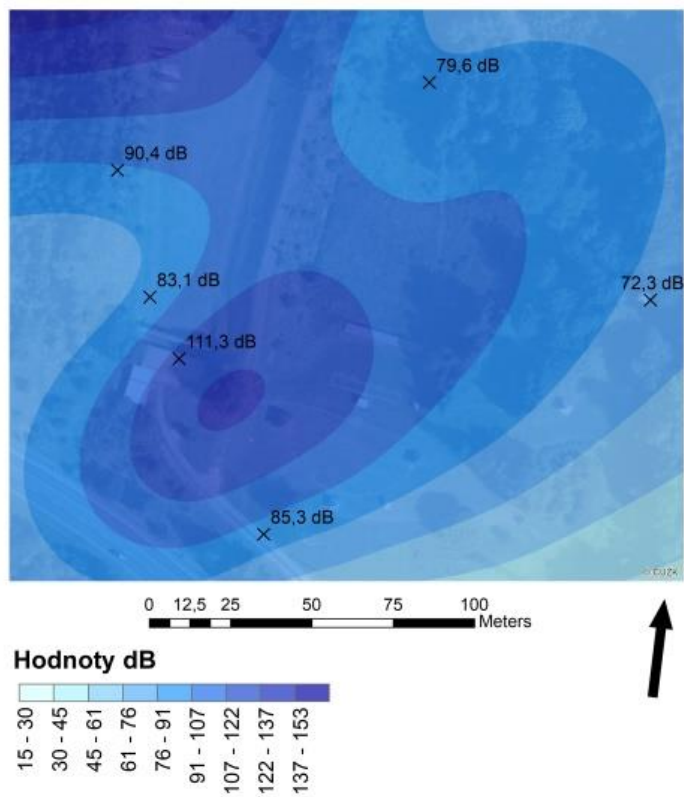
Obrázek 63: Znáornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (TENSION)



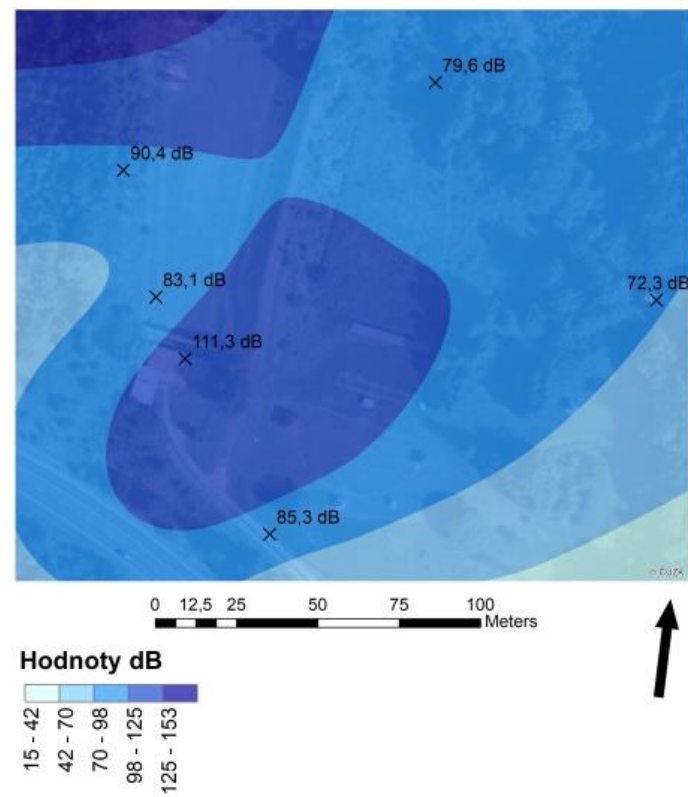
Obrázek 64: Znáornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)



Obrázek 65: Znáznornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

SPLINE (REGULARIZED)



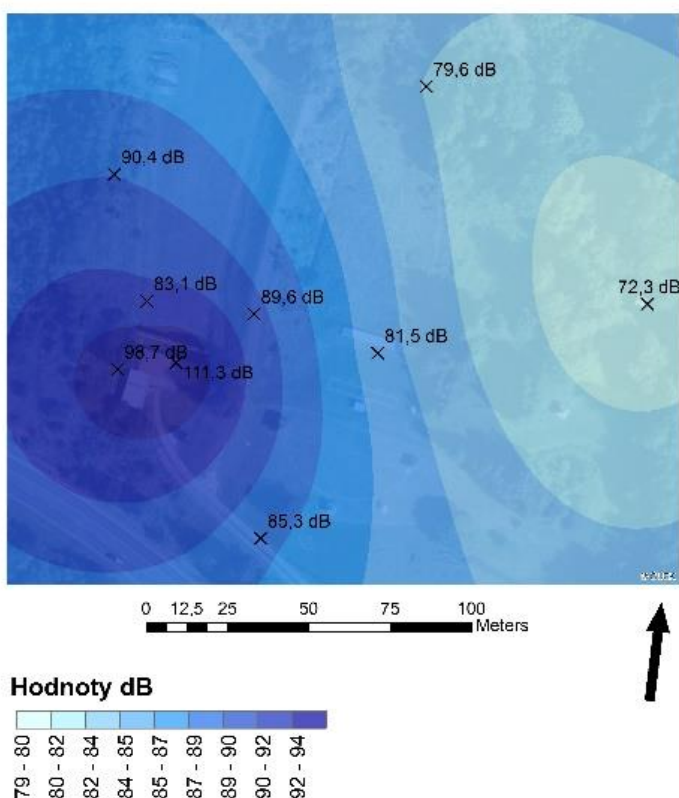
Obrázek 66: Znáznornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.2.3 Výsledky Kriging

V modelaci lze spatřovat zobrazení, které odpovídá předpokládanému šíření hluku od střeliště, přes výstřelný prostor k terčové linii. Přibližně od poloviny modelace, lze v pravé straně spatřovat přechod k liniovému zobrazení, které již vypovídající zcela není. Obdobně jako u střelnice Jáchymov lze toto zobrazování odůvodnit nedostatkem naměřených hodnot z terénu.

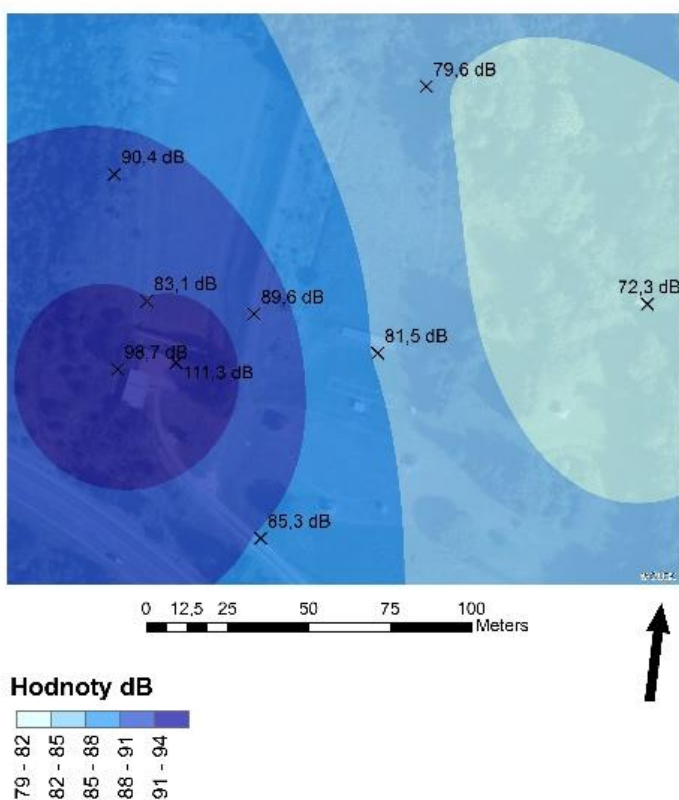
Co však nelze pominout jsou hodnoty v legendě, se kterými je v interpolaci pracováno. Při modelaci šíření hluku tak z výsledků vyčteme, že maximální hodnota hluku na střelišti je ve výši 94 dB, přestože při terénním měření byla na střelišti naměřena hodnota ve výši 111 dB a tato hodnota byla zadána i do interpolace Kriging. Dochází tak k výraznému zkreslení u výsledných výstupů.

KRIGING



Obrázek 67: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

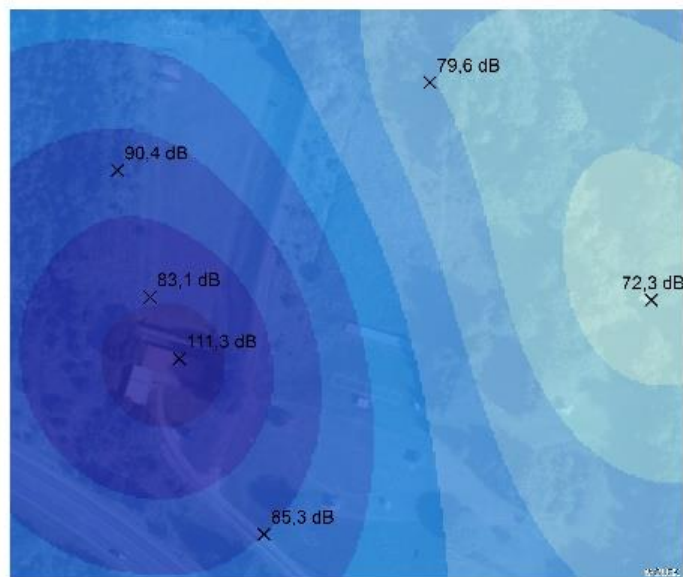
KRIGING



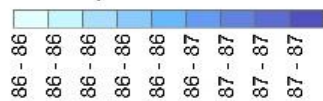
Obrázek 68: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

U zobrazení po odebrání některých naměřených hodnot je opět od poloviny zřejmá liniovitost výsledků lemujících pravou stranu modelace. Shodně jako u předchozího výsledku je zde evidentní rozpor výsledných hodnot hluku zobrazených v legendě v porovnání s hodnotami z terénu a tedy s hodnotami, které byly zadány do interpolace. V případě maximální hodnoty je zde zobrazena největší hodnota hluku na střelišti ve výši 87 dB, tedy o 24 dB méně, než tomu bylo při terénním měření.

KRIGING

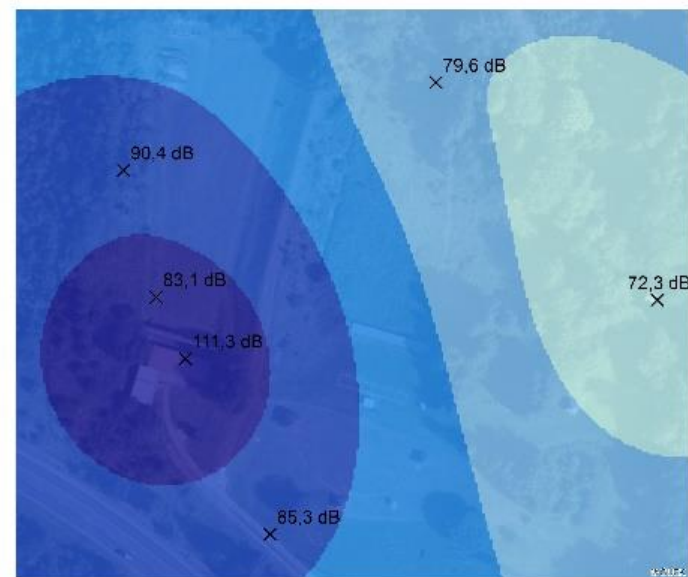


Hodnoty dB

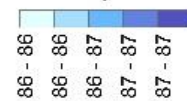


Obrázek 69: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

KRIGING



Hodnoty dB



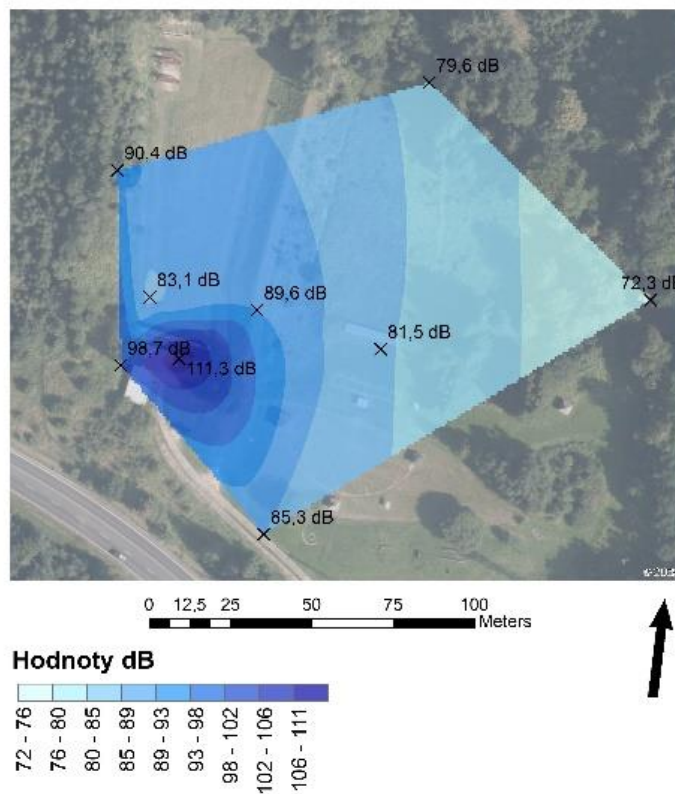
Obrázek 70: Znáznornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.2.4 Výsledky Natural neighbor

Shodně jako u střelnice Jáchymov je zde na první pohled evidentní, že výstup je rozdílný od předchozích interpolačních metod.

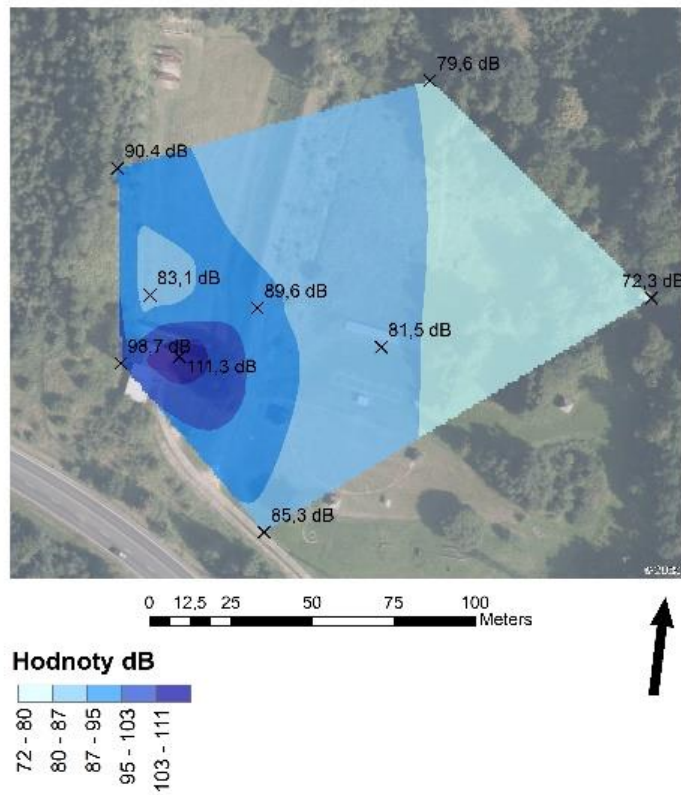
Výsledná modelace je nevypovídající a liniově se zobrazující. Jisté náznaky šíření hluku od střeliště po terčové linii v modelaci jsou, nicméně jako celek je modelace dle mého názoru nepoužitelná. Opět však lze vyzdvihnout, že hodnoty, se kterými je pracováno, a jejich zobrazení v legendě je odpovídající hodnotám naměřeným v terénu.

NATURAL NEIGHBOR



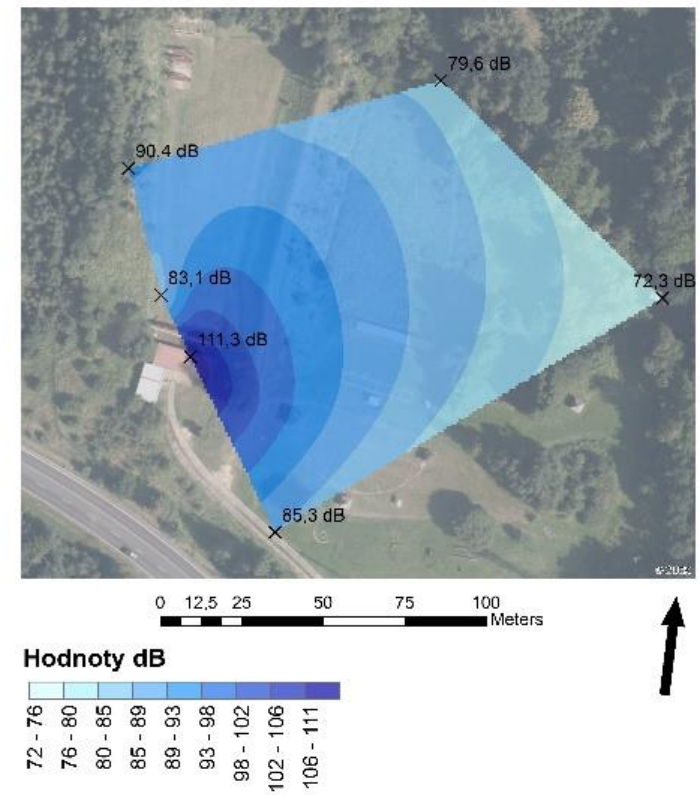
Obrázek 71: Znáznornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

NATURAL NEIGHBOR



Obrázek 72: Znáznornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor)

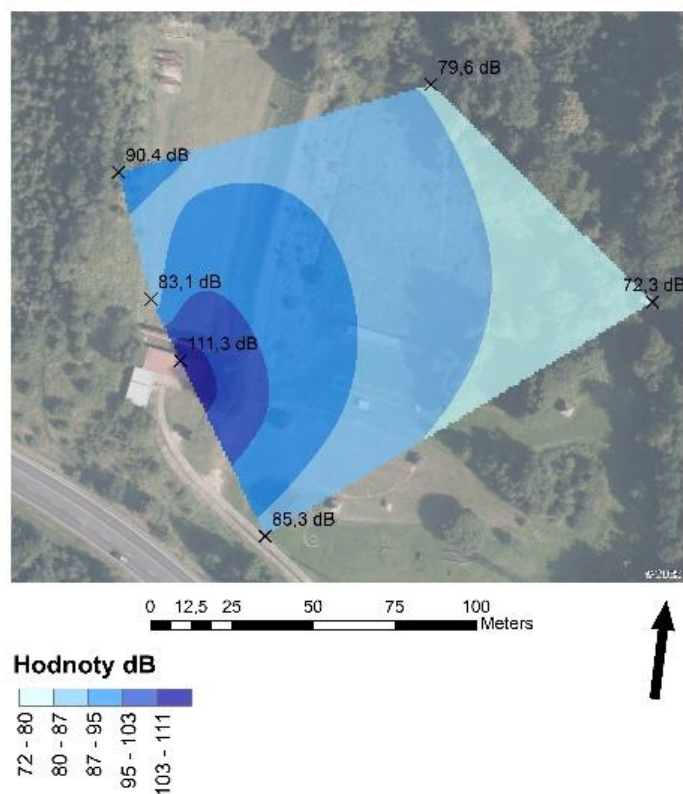
NATURAL NEIGHBOR



Obrázek 73: Znáznornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

Nevypovídajících výsledků je dosaženo i při modelaci šíření hluku při odstranění některých naměřených hodnot. Dopočet sice zobrazuje obdobnou modelaci šíření hluku jako u předchozích, avšak jako celek není výsledek vypovídající.

NATURAL NEIGHBOR



Obrázek 74: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.3 Zhodnocení výsledků přesnosti interpolací

7.3.1 Střelnice Jáchymov

Na střelnici bylo odebráno celkem pět měřících bodů, jejich výše je zobrazena v tabulce číslo 1. Dále je z příložené tabulky zřejmý i dopočet jednotlivými použitými interpolacemi. U každé z metod je znázorněno, jaká hodnota byla v daném místě

dopočtena a rozdíl od hodnoty naměřené z terénu. Prostudováním přehledové tabulky je evidentní, že největší nesrovnalosti v dopočtu měli všechny interpolační metody u hodnoty naměřené z terénu ve výši 57,5 dB. Pokud budou porovnány jednotlivé metody, lze konstatovat, že nejpřesnějších dopočtů bylo dosaženo u metody Spline – TENSION a následně Spline – REGULARIZED. Výpočet střední kvadratické chyby RMSE je 1,71 respektive 2,43. S výsledkem 2,6 se jako poměrně přesná metoda jeví Kriging. U metody IDW je RMSE ve výši 3,55 je však nutno zmínit, že tato hodnota je silně ovlivněna velkou nepřesností při dopočtu hodnoty 57,5 dB, který u této metody byl nejhorší. Natural neighbor vypočetla irelevantní výsledky u hodnoty 77 dB, k tomuto dopočtu nebylo přihlédnuto, neboť by významně ovlivnil konečné hodnocení. V rámci výpočtu přesnosti tak bylo počítáno se čtyřmi hodnotami. Výsledné RMSE je ve výši 2,9.

7.3.2 Střelnice PČR

V případě této střelnice byly odebrány tři body, přehled jejich výše je zachycena v tabulce číslo 2. Z tabulky je zřejmý i dopočet jednotlivými použitými interpolacemi. Opět bylo perfektních výsledků dosaženo u metody Spline, ovšem tentokrát byly výsledky RMSE u TENSION a REGULARIZED naprosto totožné, výsledek 0,13 je vynikající. Metoda Kriging dosáhla RMSE 3,6 tedy značně vzdáleného výsledku od metody Spline. Hodnota RSME 5,69 u metody IDW je zklamáním. Nakonec metoda Natural neighbor vykazala opět irelevantní výsledky tentokrát u hodnoty 98,7 dB. Opět k tomuto dopočtu nebylo přihlédnuto. V rámci výpočtu se dvěma hodnotami. Výsledné RMSE je ve výši 0,07. Vyjma metody Spline a irelevantních výsledků u Natural neighbor byla u zbylých metod největší chybovost při dopočtu hodnot hluku 98,7 dB a 81,5 dB.

Přesnost interpolací - střelnice Jáchymov														
hodnoty naměřené v terénu [dB]	IDW		Spline - REGULARIZED		Spline - TENSION		Kriging		Natural neighbour					
	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách				
77	77	0	77,5	-0,5	77,3	-0,3	77,4	-0,4	-9999	NI				
70,9	70,9	0	70,9	0	70,9	0	70,9	0	70,9	0				
57,5	65,44	-7,94	52,1	5,4	61,3	-3,8	63,3	-5,8	63,3	-5,8				
77,7	77,7	0	77,6	0,1	77,7	0	77,8	-0,1	77,7	0				
77,8	77,7	0,1	77,5	0,3	77,5	0,3	77,5	0,3	77,5	0,3				
RMSE		3,55	RMSE		2,43	RMSE		1,71	RMSE		2,60	RMSE		2,90

NI - No information

Tabulka 1: Znázornění přesnosti interpolací pomocí RMSE – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

Přesnost interpolací - střelnice PČR										
hodnoty naměřené v terénu [dB]	IDW		Spline - REGULARIZED		Spline - TENSION		Kriging		Natural neighbour	
	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách	interpolací namodelovaná hodnota [dB]	rozdíl v hodnotách
98,7	90,8	7,9	98,8	-0,1	98,8	-0,1	93,4	5,3	-9999	NI
81,5	87,4	-5,9	81,3	0,2	81,3	0,2	84,8	-3,3	81,4	0,1
89,6	89,5	0,1	89,6	0	89,6	0	89,6	0	89,6	0

RMSE	5,69	RMSE	0,13	RMSE	0,13	RMSE	3,60	RMSE	0,07
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

NI - No information

Tabulka 2: Znázornění přesnosti interpolací pomocí RMSE – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.4 Vyhodnocení vlivu terénu, vegetace a nadmořské výšky

Střelnice Jáchymov je zasazena uprostřed vzrostlého lesního porostu ve vyšší nadmořské výšce. U střelnice PČR nedosahuje vegetace takového vzrůstu ani hustoty jako u střelnice Jáchymov, její lokace je také v daleko nižší nadmořské výšce.

V případě střelnice Jáchymov bylo pracováno s naměřenými hodnotami z terénu v rozsahu 94,7 dB až 42,8 dB. Pokud budou hodnoceny hodnoty v okruhu do cca 30 metrů od střeliště, byla naměřena maximální hodnota 77,7 dB, tedy o 18 % nižší než hodnota ze střeliště. V okruhu do 100 metrů nebylo měření provedeno. Rozšířením započítání naměřených hodnot na okruh do 150 metrů je nejvyšší hodnotou 77,8 dB, tedy obdobná hodnota jako v 30 metrech od střeliště. V procentuálním vyjádření to je 17,8 %. Zde je nutno dodat, že tato hodnota byla zaznamenána severovýchodně od střeliště. Hodnota zaznamenaná v téměř totožné vzdálenosti, avšak jihovýchodně od střeliště, byla ve výši 68,6 dB, to je o 27,6 % méně. Maximální hodnota nad 150 metrů od střeliště byla ve výši 68,5 dB, tedy o 27,6 % méně.

Hladiny hluku střelnice Jáchymov			
pořadové číslo	Hladina hluku [dB]	vzdálenost od střeliště [m]	procentuální podíl hlukového snížení [%]
1	94,7	střeliště	100
2	77	střeliště + 33 m	18,7
3	70,9	střeliště + 128 m	25,1
4	68,5	střeliště + 165 m	27,7
5	57,5	střeliště + 218 m	39,3
6	42,8	střeliště + 299 m	54,8
7	68,6	střeliště + 135 m	27,6
8	77,7	střeliště + 21 m	18,0
9	67,3	střeliště + 145 m	28,9
10	77,8	střeliště + 147 m	17,8

Tabulka 3: Vyhodnocení procentuálního podílu snížení hladiny hluku vlivem terénu, vegetace a nadmořské výšky – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)

Při rozboru hodnot hluku na střelnici PČR je již na první pohled zřejmé, že zde bylo pracováno s vyšším rozsahem hluku, který byl v rozmezí 111,3 dB až 72,3 dB. V okruhu od střeliště byla naměřena maximální hodnota hluku ve výši 98,7 dB, tedy o 11,3 % nižší než hodnota ze střeliště. U vzdálenosti do 100 metrů od výstřelu byla zaznamenána maximální hodnota hluku ve výši 90,4 dB, tedy o 18,8 % nižší než hodnota ze střeliště. Do 150 metrů je počítáno s nejvyšší neměřenou hodnotou 79,6 dB, tedy o 28,5 % nižší než hodnota ze střeliště. V okruhu nad 150 metrů nebylo měření provedeno.

V souladu se získanými poznatky nebyl vliv terénu, vegetace a nadmořské výšky v bezprostředním okolí obou střelnic prokázán. Je však velmi pravděpodobné, že s narůstající vzdáleností od střeliště se tyto vlivy budou více projevovat.

Hladiny hluku střelnice PČR			
pořadové číslo	Hladina hluku [dB]	vzdálenost od střeliště [m]	procentuální podíl hlukového snížení [%]
1	111,3	střeliště	100
2	98,7	střeliště + 20 metrů	11,3
3	85,3	střeliště + 62 metrů	23,4
4	81,5	střeliště + 62 metrů	26,8
5	72,3	střeliště + 145 metrů	35,0
6	79,6	střeliště + 115 metrů	28,5
7	89,6	střeliště + 28 metrů	19,5
8	83,1	střeliště + 22 metrů	25,3
9	90,4	střeliště + 60 metrů	18,8

Tabulka 4: Vyhodnocení procentuálního podílu snížení hladiny hluku vlivem terénu, vegetace a nadmořské výšky – střelnice PČR (zdroj: autor)

7.5 Vliv posuzovaných střelnic na obyvatele

U obou střelnic jsem provedl dotazování na případné obtěžování hlukem. V případě střelnice Jáchymov jsem se dotazoval občanů ve městě a osob, které se pohybovaly po turistických stezkách v blízkosti střelnice, celkem se jednalo o osm osob. Občané města si na hluk nestěžovali vůbec, dle jejich informací je hluk občas slyšet o sobotách, ale nevnímají jej jako obtěžující. Lidé, oslovení při pohybu na turistických stezkách v okolí střelnice Jáchymov vyjadřovali spíše překvapení z existence střelnice a obavu z odražených střel, hluk způsobený střelbou při provozu střelnice hodnotili jako málo obtěžující. U střelnice PČR jsem se dotazoval celkem pěti osob, nejbližší zástavba je vzdálená několik stovek metrů. Na hluk ze střelnice si obyvatelé nestěžují, a to i přesto, že střelnice je velmi využívána.

8 Diskuze

K prověření a modelaci šíření hluku bylo využito čtyř interpolačních metod. K vyhodnocení bylo pracováno s předpokládaným šířením hluku po dráze střely, které bylo popisováno v pracích (Wall et al. 2019) a (Kuisma et al. 2006). Hodnot hladin hluku, které dosáhl (Wall et al. 2019) v mém případě dosaženo nebylo. Nutno dodat, že v práci (Wall et al. 2019) byla použita puška M16A4. Ještě před zahájením zpracování diplomové práce jsem nepředpokládal, že by některé interpolační metody měly natolik shodné výsledky, kterými by mi konečné rozhodování pro zvolení nej přesnější a nejvhodnější metody ztěžovaly. Před přijetím rozhodnutí o finálním určení nej příhodnější metody je ještě nutno vyhodnotit vliv vegetace, nadmořské výšky a terénu na šíření hluku.

Při ověřování vlivu vegetace, nadmořské výšky a dalších faktorů na šíření hluku se nedal konstatovat jednoznačný resultát, který by byl podpořen výsledky konkrétních měření. Výběr venkovních střelnic byl přizpůsoben s ohledem na jejich odlišnou lokaci, nadmořskou výšku a jejich rozdílnému zasazení do terénu a okolní vegetace, z čehož se daly predikovat měřitelné a průkazné odlišnosti hodnot vlivu vegetace na šíření hluku. K mému velkému překvapení bohužel nelze jednoznačně konstatovat a z naměřených hodnot verifikovaně potvrdit, že na provedených konkrétních měřeních šíření hluku na střelnici Jáchymov a střelnici PČR má prokazatelný vliv nadmořská výška, terén a vegetace, přestože je to z povahy věci logické a tento předpoklad byl v metodice i predikován Zdravotním ústavem v Ústí nad Labem. Přepočtem výsledků na procentuální podíl a rozdělením hodnot na okruhy se shodnými vzdálenostmi od střeliště lze objektivně konstatovat, že při vzájemném porovnání obě střelnice dosahují obdobných hodnot. Vliv na tento výsledek má zcela jistě rozdílnost ve výběru měřících míst. V případě střelnice Jáchymov byly měřící body směřovány spíše za střeliště. Na střelnici PČR bylo měření prováděno více po stranách střeliště.

Pokud jde o vyhodnocení jednotlivých interpolačních metod, lze zcela jednoznačně konstatovat, že nejméně vhodnou metodou je Natural neighbor. Už z povahy využívání této metody lze její vhodnost a účinnost zaručit v případě pravidelného rozložení naměřených hodnot. U hluku se toto nedá očekávat. Pominu-li zcela jistě irelevantní hodnoty u dopočtu přesnosti interpolací, jeví se metoda jako velmi přesná.

Jako další nevhodnou lze určit metodu Spline (REGULARIZED). Metoda pracuje s hodnotami, které jsou ve velkém rozsahu od hodnot naměřených. Nejmarkantněji tomu je u střelnice PČR. U střelnice Jáchymov bylo dokonce pracováno se zápornými hodnotami. Doporučit nelze ani metodu Spline (TENSION), která sice pracuje s odpovídajícími hodnotami, avšak pro přesnější údaje a výslednou modelaci by bylo nutno pracovat s mnohem vyšším počtem naměřených hodnot z terénu. Na druhou stranu je nutno uvést, že metoda Spline dosáhla nejlepších výsledků při ověření přesnosti po výpočtu hladin hluku na odebraných místech.

U metody Kriging bylo dosaženo poměrně vypovídajících výsledků a jsem názoru, že v případě více naměřených hodnot z terénu by byl výsledek ještě přesnější. Důvody, které mě vedou k označení metody jako nevhodné, jsou velké rozdílnosti mezi reálnými hodnotami z terénu a hodnotami, se kterými je v interpolaci počítáno. V případě prověření přesnosti dopočtené interpolace dosáhla metoda obstojných výsledků.

Po porovnání a zhodnocení veškerých použitých metod včetně jejich nastavitelných variací či případného hodnotového zkreslování proběhlými interpolačními modelacemi konstatuji, že jako nejvhodnější metodu pro modelaci šíření hluku na střelnicích shledávám metodu IDW. Výsledné interpolace byly u obou střelnic vysoce validní a přehledné. Stejně tomu tak bylo u hodnot, které byly ve výsledných modelacích zobrazovány. Na konečný výsledek při interpolacích nemělo velký vliv ani zadání sníženého počtu naměřených bodů z terénu. Naopak dopočet interpolací dosahoval poměrně slabých výsledků, které této metodě zhoršily konečné hodnocení.

Z provedeného dotazování žádná z tázaných osob nepocítovala obavy o zdraví způsobené vlivem dlouhodobého působení hluku ani tomu v současné době nevěnovali náležitou pozornost. To může vypovídat i o jisté neznalosti nebo nezájmu o danou problematiku. Dalším faktorem, který toto ovlivňuje, může být i již zmiňovaná existence rychlostní dopravní komunikace mezi Karlovými Vary a Prahou, která odděluje prostor střelnice od městské části s bytovou výstavbou, a která svým hlukem převyšuje hluk střelnice. Ostatně se toto částečně potvrdilo i při terénním měření. Absence stížností na hluk svědčí i o vhodném zvolení umístění střelnic.

Za důležité považuji retrospektivně zhodnotit a zmínit i postupy, které bych s dnešními znalostmi udělal jinak. V první řadě by to bylo zvolení mnohem hustší sítě měřících bodů, neboť původní předpoklad relevantnosti výsledků při využití deseti měřících bodů shledávám nyní jako málo dostačující. Pro získání mnohem přehlednějších a relevantnějších výsledků bych volil další počet měřících bodů spíše až k hranici třiceti. Další změnou by bylo rovnoměrné umístění měřících bodů po celém perimetru střelnice, tedy i do míst směru letu střely, nikoliv primárně za střeliště nebo podél výstřelného prostoru. Dosavadní měření nešlo vzhledem k ochraně života a zdraví takto provést, navíc pohyb osob v tomto prostoru zakazují i předpisy pro vedení střelby na střelnicích. Proto by bylo třeba pro takováto budoucí měření zajistit jejich automatizaci technickým zařízením s hlukoměrem bez nutnosti jejich fyzické obsluhy. Potřebu takového zařízení jsem před zahájením měření neočekával a také není běžně dostupné např. v komerčním prodeji, proto nebylo pro mé výzkumné měření použito.

9 Závěr a přínos práce

Cílem diplomové práce bylo zmapování, modelace a vizualizace šíření hluku u vybraných venkovních střelnic v Karlovarském kraji, pomocí programu ArcMap a ověření vlivu vegetace, nadmořské výšky, terénu a dalších faktorů na šíření hluku.

Terénním měřením a zpracováním získaných dat v programu GIS se cíle práce podařilo naplnit. Jako nejvhodnější metoda pro modelaci a vizualizaci šíření hluku byla konstatována interpolační metoda IDW. Pokud jde o ověření přesnosti interpolací po odebrání několika hodnot, lze obecně říci, že nejpřesnější metodou je Spline.

Při zohlednění jednotlivých nastavení byly u TENSION oproti REGULARIZED vykázány přesnější výsledky u střelnice Jáchymov. Prověření vlivu vegetace a nadmořské výšky na šíření hluku bylo provedeno, avšak výsledky nejsou jednoznačně průkazné. V diskuzi jsem toto téma poměrně obsáhle popsal a snažil se vysvětlit, proč výsledky nebyly přesvědčivější. Nakonec bylo ověřeno, jak velkou měrou hluk z řešených střelnic ovlivňuje, případně obtěžuje, obyvatele nebo osoby pohybující se v jejich blízkosti.

Práce jako celek mě přesvědčila, že ochraně před hlukem není vždy plně věnována odpovídající pozornost. Pojmy jako „hlukový smog“ jsou odrazem společenského akcentu na ochranu před škodlivými následky působení hluku, avšak v individuální rovině jsem se po dobu zpracování práce a zejména terénních měření a dotazování nesetkal s vyloženou obavou jedinců o škody na zdraví v případě vystavení vlivu krátkodobého či dlouhodobého hluku. Lidé, kterých jsem se dotazoval, subjektivně nepocítovali riziko vzniku újmy na zdraví poslechem hudby ze sluchátek či účastmi na koncertech. Shodně tak i ve střelecké komunitě, kdy, přestože je využívání technických prostředků na ochranu sluchu (jednorázové výplně do uší, pasivní či aktivní elektronická sluchátka apod.) povinné a dodržované, konstatuje cca 30% dlouhodobých střelců zhoršení sluchu nad rámec přirozené věkové degradace smyslového orgánu, a přesto neuvažuje o využívání novějších či kombinaci více druhů sluchových ochran.

Na závěr si dovolím konstatovat, že zpracování práce mi přineslo mnoho nových odborných poznatků a dovedností a přivedlo mě k tématům pro další rozvoj. V neposlední řadě mi ukázalo, že původně sebelépe vymyšlená metoda a postup může být optikou jejích výsledků a praktickým provedením ještě zdokonalena, což zcela upřímně konstatuji i směrem k mé práci. Zcela jistě by bylo zajímavé obě střelnice prověřit znovu, za využití získaných zkušeností, obdobnou metodikou a tentokrát i třeba za využití dlouhé střelné zbraně.

10 Přehled literatury a použitých zdrojů

ALBRECHT, J., 2012: Concepts used in the 11th GTECH 361 lecture. (online) [cit. 2023.01.19], dostupné z <<http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture11/concepts/>>.

ARMED, 2022: (online) [cit. 2022.12.11], dostupné z <<https://www.armed.cz/pistole-heckler-koch-sfp91-cerna/>>.

BERGLUND B., LINDVALL T., SCHWELA D. H., 1999: Guidelines for community noise. WHO.

BOCZKOWSKI A., 2020: Acoustic Modelling of Sport and Hunting Shooting Ranges in the Aspect of Shaping Noise Emissions Into the Environment. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering. P. 1 – 12.

BRONUZZIA F., MONAIB L., PATRUCCO M., 2012: Correct and Effective Characterization of Fire-arms Noise: a Basic Aspect to Provide Reliable Input Data for the Reduction of Emitted Noise from Shooting Ranges in Urbanized Area. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. ISSN 1974-9791. P. 1 – 6.

BURIAN J., 2008: Vyznáte se v interpolacích (online) [cit. 2023.01.19], dostupné z <https://www.dibavod.cz/data/gis_kartografie/gis_interpolace.pdf>.

ČSN 39 5401: Civilní střelné zbraně a střelivo – Střelnice pro ruční palné a plynové zbraně, Praha, 1997. 21 s.

ČSN ISO 1999: Akustika – Odhad ztráty sluchu vlivem hluku. ÚNMZ. 2014.

DUDOVÁ J., 2013: Právní aspekty ochrany veřejného zdraví před environmentálním hlukem. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 9788021065222.

EEA., 2010: Good practice guide on noise exposure and potential health effect. Copenhagen: European Environment Agency.

KARÁSEK D., 2015: Střelnice, hluk a zákon. Střelecká revue, č. 3, s. 10. ISSN 0322-7650.

KUISMA M., PENNANEN J., SILVENTOINEN P., KURONEN J., KURONEN T., 2006: The Test Setup for Active Noise Control at Shooting Range. The 6th European Conference on Noise Control. P. 1 – 7.

LIBERKO M., 2004: Hluk v prostředí: problematika a řešení. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN isbn80-7212-271-1.

LIDL, 2022: (online) [cit. 2022.12.11], dostupné z <<https://www.lidl.cz/p/parkside-hlukomer-pdeme-130-a1/p100344312/>>.

MÜLLEROVÁ D. a kol., 2014: Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví. Praha: Karolinum,. ISBN 978-80-246-2510-2.

MZČR, 2022: (online) [cit. 2022.12.22], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/co-je-to-hluk/>>.

NORDBY J. NEMAZI F. RIEBER D., 2021: Automatic Detection Of Noise Events at Shooting Range Using Machine Learning. ArXiv - CS – Sound. P. 1 – 7.

NOVOTNÁ M, ČECHUROVÁ M. a BOUDA J., 2012: Geografické informační systémy ve školách. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-385-8.

NZIP, 2022: (online) [cit. 2022.12.22], dostupné z <<https://www.nzip.cz/clanek/1045-zdravotni-ucinky-hluku/>>.

PLÍHAL B., 2010: Hluk při použití palné zbraně. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 74 s. ISBN 978-80-7231-718-9.

POLICIE ČR, ©2019: (online) [cit. 2022.10.15], dostupné z <<https://www.policie.cz/clanek/zverejneneinformace2019strelnice.aspx/>>.

POKORNÝ D., 2021: Stavební a stavebně fyzikální řešení sportovní střelnice. Západočeská univerzita v Plzni, Katedra mechaniky, Plzeň. 122 str. Diplomová práce. (online) [cit. 2023.01.20] dostupné z <<https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/43522/1/DIPLOMOVA%20PRACE%20DAVID%20POKORNY.pdf>>.

SCENIHR., 2008: Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function. European Commission - Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks.

SELLIER-BELLOT, 2022: (online) [cit. 2022.12.11], dostupné z <<https://www.sellier-bellot.cz/produkty/pistolove-a-revolverove-naboje/pistolove-a-revolverove-naboje/detail/290/>>.

Trotec, 2022: (online) [cit. 2022.12.11], dostupné z < <https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/merici-pristroje/emise/pristroje-na-mereni-hladiny-hluku/sl300-pristroj-na-mereni-hladiny-zvuku/>>.

WALL T. A., WAGNER C. M., RASBAND R. D., 2019: Cumulative noise exposure model for outdoor shooting ranges. The Journal of the Acoustical Society of America. 146. P. 1 – 6.

WHO, 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

WHO, 2009. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

ZÁKON č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, v platném znění.

ZELENÁ I., 2015: Právní úprava výstavby a provozu střelnic se zaměřením na ochranu životního prostředí. Právnická fakulta Masarykovy univerzity, Katedra práva životního prostředí a pozemkového práva, Brno. 82 str. Diplomová práce. (online) [cit. 2023.01.20] dostupné z < https://is.muni.cz/th/qqh2j/Diplomova_prace_-_Ivana_Zelena.pdf>.

11 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Hladiny intenzity hluku (URL 1)	- 14 -
Obrázek 2: Tunelová střelnice (URL 2)	- 17 -
Obrázek 3: Venkovní střelnice (URL 3).....	- 18 -
Obrázek 4: Zobrazení částí střelnice (zdroj: ČSN 39 5401).....	- 20 -
Obrázek 5: Ukázka odvozování hodnot při interpolaci (URL 7).....	- 22 -
Obrázek 6: Interpolační metoda IDW (URL 8).....	- 23 -
Obrázek 7: Interpolační metoda Spline (URL 9).....	- 23 -
Obrázek 8: Interpolační metoda Kriging (URL 10).....	- 24 -
Obrázek 9: Interpolační metoda Natural neighbor (URL 11).....	- 25 -
Obrázek 10: Lokalizace zájmových střelnic (zdroj: autor).....	- 27 -
Obrázek 11: Střelnice Jáchymov – 3D pohled (URL 4).....	- 28 -
Obrázek 12: Střelnice Jáchymov – 3D pohled (URL 4).....	- 29 -
Obrázek 13: Střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 29 -
Obrázek 14: Terčová linie (zdroj: autor)	- 29 -
Obrázek 15: Střelnice PČR – 3D pohled (URL 4).....	- 30 -
Obrázek 16: Střelnice PČR – 3D pohled (URL 4).....	- 31 -
Obrázek 17: Střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 31 -
Obrázek 18: Výstřelný prostor (zdroj: autor)	- 31 -
Obrázek 19: Heckler & Koch SFP9L (zdroj: autor)	- 37 -
Obrázek 20: Střelivo Sellier & Bellot 9 x 19 mm (zdroj: autor)	- 38 -
Obrázek 21: TROTEC SL300 (zdroj: autor)	- 40 -
Obrázek 22: Parkside PDEME 130 A1 (zdroj: autor)	- 41 -
Obrázek 23: Odhlučnění střeliště Jáchymov (zdroj: autor)	- 43 -
Obrázek 24: Hodnoty hluku v případě jednoho střelce (URL 5).....	- 45 -
Obrázek 25: Hodnoty hluku v případě 13 střelců (URL 5)	- 45 -
Obrázek 26: Směr hlukové vlny (URL 6).....	- 46 -
Obrázek 27: Naměřené hodnoty hlukoměrem Trotec SL300 – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 49 -
Obrázek 28: Naměřené hodnoty hlukoměrem Parkside – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 49 -
Obrázek 29: Naměřené hodnoty hlukoměrem Trotec SL300 – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 50 -

Obrázek 30: Naměřené hodnoty hlukoměrem Parkside – střelnice PČR (zdroj: autor)	50 -
Obrázek 31: Hodnoty hluku pro interpolace – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	51 -
Obrázek 32: Hodnoty hluku pro interpolace s odebranými hodnotami – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	52 -
Obrázek 33: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	53 -
Obrázek 34: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	53 -
Obrázek 35: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	54 -
Obrázek 36: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	55 -
Obrázek 37: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	56 -
Obrázek 38: Znázornění šíření hluku metodou Spline pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	57 -
Obrázek 39: Znázornění šíření hluku metodou Spline pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	57 -
Obrázek 40: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	58 -
Obrázek 41: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	59 -
Obrázek 42: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	59 -
Obrázek 43: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	60 -
Obrázek 44: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	60 -
Obrázek 45: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	62 -
Obrázek 46: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	62 -

Obrázek 47: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor).....	- 63 -
Obrázek 48: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor).....	- 63 -
Obrázek 49: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 64 -
Obrázek 50: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 65 -
Obrázek 51: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)-	65 -
Obrázek 52: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)-	66 -
Obrázek 53: Hodnoty hluku pro interpolace – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 67 -
Obrázek 54: Hodnoty hluku pro interpolace s odebranými hodnotami – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 68 -
Obrázek 55: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 69 -
Obrázek 56: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 69 -
Obrázek 57: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 70 -
Obrázek 58: Znázornění šíření hluku metodou IDW pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 71 -
Obrázek 59: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 72 -
Obrázek 60: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 73 -
Obrázek 61: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 73 -
Obrázek 62: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 74 -
Obrázek 63: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 75 -
Obrázek 64: Znázornění šíření hluku metodou Spline TENSION pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 75 -

Obrázek 65: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 76 -
Obrázek 66: Znázornění šíření hluku metodou Spline REGULARIZED pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 76 -
Obrázek 67: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 77 -
Obrázek 68: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 78 -
Obrázek 69: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 79 -
Obrázek 70: Znázornění šíření hluku metodou Kriging pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 79 -
Obrázek 71: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 80 -
Obrázek 72: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů – střelnice PČR (zdroj: autor).....	- 81 -
Obrázek 73: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí devíti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 81 -
Obrázek 74: Znázornění šíření hluku metodou Natural neighbor pomocí pěti intervalů po odebrání naměřených hodnot – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 82 -
Tabulka 1: Znázornění přesnosti interpolací pomocí RMSE – střelnice Jáchymov (zdroj: autor)	- 84 -
Tabulka 2: Znázornění přesnosti interpolací pomocí RMSE – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 85 -
Tabulka 3: Vyhodnocení procentuálního podílu snížení hladiny hluku vlivem terénu, vegetace a nadmořské výšky – střelnice Jáchymov (zdroj: autor).....	- 87 -
Tabulka 4: Vyhodnocení procentuálního podílu snížení hladiny hluku vlivem terénu, vegetace a nadmořské výšky – střelnice PČR (zdroj: autor)	- 88 -

URL 1:

<<https://proped.cz/hlukova-zatez-ve-tridach/>> [cit. 2022.12.11]

URL 2:

<<https://www.vscr.cz/clanky/detail/nejmodernejsi-strelnice-ve-vezenske-sluzbe>> [cit. 2022.12.26]

URL 3:

< <https://www.strelnicetrinec.cz/>> [cit. 2022.12.26]

URL 4:

< <https://www.mapy.cz/> > [cit. 2022.12.26]

URL 5:

< <https://asa.scitation.org/doi/full/10.1121/1.5132289>> [cit. 2023.3.18]

URL 6:

< https://www.researchgate.net/figure/illustration-of-the-quiet-zone-The-secondary-source-is-in-far-field-compared-to-the_fig2_263443441> [cit. 2023.3.18]

URL 7:

<<http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture11/concepts/What%20is%20interpolation.htm> > [cit. 2023.1.19]

URL 8:

<<http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture11/concepts/Inverse%20Distance%20Weighted.htm> > [cit. 2023.1.19]

URL 9:

<<http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture11/concepts/Spline.htm> > [cit. 2023.1.19]

URL 10:

<<http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture11/concepts/Kriging.htm> > [cit. 2023.1.19]

URL 11:

<<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-natural-neighbor-works.htm> > [cit. 2023.1.19]

12 Přílohy

- Příloha 1: Kombinační tabulka střelnic – 1 (zdroj: ČSN 39 5401)..... - 102 -
 Příloha 2: Kombinační tabulka střelnic – 2 (zdroj: ČSN 39 5401)..... - 103 -
 Příloha 3: Tabulka střelnic v Karlovarském kraji (zdroj: PČR) - 104 -
 Příloha 4: Zobrazení terénu střelnice Jáchymov (zdroj: mapy.cz) - 105 -
 Příloha 5: Zobrazení terénu střelnice PČR (zdroj: mapy.cz) - 106 -

	druhy střelnic	druhy střelnic	druhy střelnic	druhy střelnic	druhy střelnic	druhy střelnic
	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>
	stavebního řešení	možného úniku střel	použitelných zbraní a střeliva	použitelných střel	dálky střelby	rozsahu dálky střelby
střelnice :	venkovní	krytá	pro krátké palné zbraně		do 10 m	s pevně danou dálkou střelby
	tuneiová	polokrytá	pro dlouhé palné zbraně	pro bezpečnostní oivované střely	do 20 m	s pevně danými dálkami střelby
	kombinovaná	otevřená	pro malorážky	pro pláštěvé střely	do 25 m	s proměnlivou dálkou střelby
			pro brokovnice		do 30 m	
			pro plynové zbraně		do 50 m	
			pro paintbal		do 100 m	
					do 200 m	
					do 300 m	
					do 500 m	
					nad 500 m	

Příloha 1: Kombinační tabulka střelnic – 1 (zdroj: ČSN 39 5401)

druhy střelnic s proměnlivou dálkou střelby	druhy střelnic	druhy střelnic	druhy veřejných střelnic	druhy střelnic
<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>	<i>podle</i>
způsobu změny délky střelby	dobu trvání provozu	přístupu veřejnosti	způsobu provozování	účelu
	stálá	veřejná	komerční	zkušební
s pohyblivou palčnou čarou	jednorázová	neveřejná	nekomerční	výchovná
s pohyblivou terčovou linií				sportovní
s pohyblivou palčnou čarou i terčovou linií				myslivecká
				vojenská
				speciální

Příloha 2: Kombinační tabulka střelnic – 2 (zdroj: ČSN 39 5401)

Název střelnice/Majitel střelnice	Adresa střelnice
OS Střelecký klub, PIF-PAF Dolní Žandov	Dolní Žandov, na pozemcích parcelních čísel 364/2,3,4, 1749/10
Střelnice Svatý Vojtěch - Teplá	Bezvěrov, k. ú. Teplá, na pozemcích parcelních čísel 413/1, 50, 60, 61
ČMMS Praha	Františkovy Lázně – Horní Lomany, na pozemku parcelního čísla 375/1
Střelnice AVZO Cheb - Myslivna	Cheb – Myslivna, na pozemku parcelního čísla 146
Střelnice AVZO Aš	Aš, ul. Hedvábnická, na pozemku parcelního čísla 1203
MS Smrčina - Podhradí	Aš – Podhradí, na pozemcích parcelního čísla 195, 196, 197/1, 203
Miloslav Kříž	Hlinová 8 - Mostov
Střelnice AVZO Plesná IČ 47722428	Lomnička u Plesné, na pozemcích č. p. 128
Český střelecký svaz, Sportovní střelecký klub, org. č. 0115	Karlovy Vary-Březová, č. p. 500/7
Českomoravská myslivecká jednota Praha, Okresní myslivecký spolek Karlovy Vary	Karlovy Vary – Drahovice (Pražská silnice), na pozemcích parcelních čísel 260/1, 1299
Klub vojáků v záloze ČR, Žlutice, reg. č. 05-26-10	Žlutice - Hradský Dvůr, Verušice č. p. 49
Sportovní střelecký klub Jáchymov ZO AVZO ČR	Jáchymov, na pozemku parcelního čísla 3203/12
Rudolf HEJNA, MAGNUM Karlovy Vary s.r.o.	Karlovy Vary, ul. Svahová č. p. 28
Český svaz biatlonu, BIATLON KLUB JÁCHYMOV	Sportovní areál „EDUARD“, Jáchymov – Nové Město, na pozemcích parcelního čísla 4652/2, 4631/4
Český střelecký svaz, Sportovní střelecký klub Toužim	Toužim, ul. Tepelská č.p. 482
Vojenské lesy a statky ČR, s. p., divize Karlovy Vary, Mattoniho nábřeží č. 203, Karlovy Vary	Sportovní a myslivecká střelnice Lučiny, k. ú. Bražec u Hradiště, parcelní čísla 1202, 1149, 1341, 1198, 1148, okr. K. Vary
Vojenské lesy a statky ČR, s. p., divize Karlovy Vary, Mattoniho nábřeží č. 203, Karlovy Vary	Bukovina k. ú. Podbořanský Rohozec č. p. 206
Spolek přátel střelnice Boženy Němcové, Sokolov, z. s. se sídlem Černý vrch 441, 356 04 Dolní Rychnov, IČ 07837348	Sokolov, ul. B. Němcové č. p. 1784, objekt 3. ZŠ
SKP UNITOP ČR Sokolov IČO: 14703793	Lomnice u Sokolova, na pozemcích parcelních čísel 650/5, 650/92
BAZONI International s. r. o., Nádražní 374, Sokolov IČ: 25235532	Šindelová, na pozemcích parcelních čísel 477/2, 477/3
Marek Kroha, IČ: 75248514, Sokolov, Vrchlického 107	Zlatá u Kynšperka nad Ohří, stavba bez č. p. na pozemku parcelního čísla 14/4
Střelnice Ratajov	Libá, okr. Cheb, k. ú. Hůrka u Libé č. p. 39/2

Příloha 3: Tabulka střelnic v Karlovarském kraji (zdroj: PČR)



Příloha 4: Zobrazení terénu střelnice Jáchymov (zdroj: mapy.cz)



Příloha 5: Zobrazení terénu střelnice PČR (zdroj: mapy.cz)